Л. Т. КРЕКНИН

ПРОИЗВОДСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Часть 2 — производство типовых деталей оружия

Ижевск 2001

УДК 621.7:623.4

ВНИМАНИЕ! Книга, изданная на средства автора, копированию не подлежит. Авторские права охраняются законом.

ATTENTION! The book issued on means of the author, to copying is forbidden. The copyrights are protected by the law.

Рецензенты: доктор технических наук, профессор В.С.Камалов (заведующий кафедрой СМ-12 МГТУ им. Н.Э.Баумана, г.Москва), доктор технических наук, профессор В.В.Любимов (заведующий кафедрой «Производство машин и аппаратов» ТГУ, г.Тула).

Коллективный рецензент: концерн «Ижмаш».

Учебное пособие предназначено для подготовки специалистов оборонных отраслей промышленности по производству гражданского и боевого стрелково-артиллерийского автоматического оружия

ISBN 5-89806-003-0

УДК 621.7:623.4

© Крекнин Л.Т., 2001

ПРЕДИСЛОВИЕ

Во второй части книги приводятся технологические процессы производства типовых деталей применительно для классической модели автомата М. Т. Калашникова (АК-74), на которой построена целая гамма автоматического оружия, принятая на вооружение нашей страны и многих стран мира.

К основным типовым деталям оружия относятся: ствольные коробки для стрелкового оружия (казённики для артиллерийских автоматов), детали узлов запирания (затвор, затворная рама), детали газовых двигателей (газовая камера, шток, газовая трубка и т.д.), детали ударно-спускового механизма (курок, ударник, спусковой крючок, шептало, замедлитель, защёлка и т.д.), детали прицельных приспособлений (колодка прицельной планки, прицельная планка, основание мушки, мушка), упругие элементы (пружины, торсионы), деревянные (приклад, ложа, накладки) и пластмассовые детали (магазин, рукоятка и др.).

В основном все эти детали сложные по конструкции, малогабаритные, нежёсткие и, как правило, нетехнологичные. Поэтому наиболее правильная оценка технологичности конструкции изделий проводится при совместной работе конструкторов и технологов:

1. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ ОРУЖИЯ

І.І. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Одной из наиболее сложных и трудоемких функций технологической подготовки производства (ТПП) является обеспечение технологичности изделий машиностроения. Практически без дополнительных материальных затрат в производстве на данном этапе решаются задачи снижения трудоемкости, повышения качества и экономичности новых изделий.

Согласно ГОСТ 14.205-83 под технологичностью понимается совокупность свойств конструкции изделия, определяющую ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ. В отличие от предыдущего стандарта (ГОСТ 18831-73), регламентировавшего ранее это понятие, исключается сравнение с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения, тем самым исключается ориентация на вчерашний день, уменьшается объем требуемой информации и затрат времени на анализ. Вновь введенная трактовка облегчает работу по оценке технологичности за счет создания нормативных условий по отдельным показателям без привязки их к конкретным изделиям и более полно отражает требования научно-технического прогресса.

По существующим стандартам единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), нормативным, справоч-

ным [1] и другим информационным материалам наиболее успешно решается задача оценки технологичности сборочных единиц. Что касается деталей, изготовляемых чаще всего механической обработкой, вопрос оперативной оценки и отработки технологичности их конструкций вызывает серьезные затруднения. Рекомендации по отработке технологичности конструкций деталей, подвергаемых механической обработке, касаются обычно отдельных конструктивных элементов деталей и носят разрозненный характер. Повышение эффективности металлообработки, решение вопросов совершенствования технологии и организации производства в современных условиях связывают с широким применением станков с ЧПУ робототехнических систем, многооперационных станков - обрабатывающих центров (ОЦ) и гибких производственных систем (ГПС). Отработка технологичности конструкций деталей в этих условиях приобретает еще более важное значение и имеет свою специфику.

В условиях ГПС особого внимания требуют вопросы обеспечения унификации и симметричного расположения конструктивных элементов, их соответствие размерам стандартного режущего инструмента, сосредоточения обрабатываемых поверхностей для корпусных деталей на четырех боковых гранях, ориентации на принцип концентрации операций, возможности простановки размеров в системе прямоугольных координат, обеспечения удобства подготовки программ, совмещение конструкторских и технологических баз при использовании минимального количества переустановок, используя при необходимости искусственные базы. В настоящее время сформировались некоторые требования к конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ и ОЦ. Как показывает опыт эксплуатации ГПС в нашей стране и за рубежом, требования к технологичности конструкций деталей значительно повышаются, так как приходится иметь дело уже не с одной деталью, а с группой деталей, ориентированных на данный механообрабатывающий комплекс или систему. И в первую очередь, конечно, потребуется более высокая степень стандартизации и унификации.

Стандартами системы ЕСТПП предусмотрено два вида оценки технологичности: качественная и количественная. Качественная оценка предшествует количественной и используется для выбора конструктивных решений, не требует определения степени различия технологичности сравниваемых вариантов. Для такой качественной оценки и сформулировано большинство указанных выше требований к конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ и ОЦ. Однако неопределённость и бессистемность оценки технологичности конструкций деталей, связанные с исключением какой-либо степени различий в качественной оценке, затрудняют ее использование и делают в значительной мере субъективной. Поэтому одной из задач данной работы явилось упорядочение и совершенствование методики качественной оценки технологичности деталей, подвергаемых механической обработке.

Что касается количественной оценки технологичности конструкций деталей, то она выражается целым рядом показателей, регламентированных стандартами, методиками и другими нормативными документами. В ряде отраслей разработаны методики количественной оценки технологичности конструкции изделий, а на их базе - системы управления технологичностью конструкции изделий. Здесь решаются вопросы функционального распределения обязанностей между подразделениями, службами и предприятиями, вопросы формирования показателей технологичности, а также вопросы создания методики назначения численных значений базовых показателей (т.е. эталонных значений, к которым необходимо стремиться), методики расчета комплексных показателей и оценки уровня технологичности, в том числе и в условиях ГПС. Для сокращения времени на отработку технологичности конструкции изделий и в связи с необходимостью иметь большую информационную базу рассматривался вопрос применения ЭВМ для количественной оценки технологичности.

Большинство указанных разработок по количественной оценке технологичности касается стадии конструкторской подготовки производства. В условиях ГПС отработкой технологичности приходится заниматься не только на стадии конструкторской подготовки, но и на стадии постановки изделия на производство и даже в условиях установившегося серийного производства. Поэтому важное значение в этих условиях, особенно на начальных этапах разработки и освоения ГПС, приобретают вопросы оперативной оценки технологичности конструкции деталей с подбором номенклатуры показателей, оценкой их значимости, выявлением уровня технологичности и разработкой мероприятий по совершенствованию конструкции деталей.

Практически аналогичные задачи совершенствования объекта производства решаются с помощью системного подхода на базе функционально-стоимостного анализа (ФСА), получившего в последние годы достаточно широкое распространение и известность. Здесь, в отличие от существующего традиционного предметного подхода, рассматривающего конструктивные элементы, детали, сборочные единицы и изделие в целом, используется функциональный подход, ориентирующийся на назначение и действия объекта. Учитывая, что с применением ФСА можно рассматривать не только конструктивные объекты (элементы деталей, детали, сборочные единицы и т.д.), но и технологические процессы, появляется возможность увязки конструкторских и технологических решений. Нельзя пренебрегать и накопленным в рамках этого метода опытом оценки ва-

риантов технических решений. В целом же методику ФСА целесообразно использовать как единую систему для всего проекта (или по крайней мере для большинства его разделов), к тому же применение такой методики требует определенной подготовки и навыков.

Для данной разработки пользуются лишь элементами функционального подхода для качественной оценки технологичности и экспертной оценки отдельных показателей.

1.2. КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ В МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Как правило, для качественной оценки технологичности пользуются разбросанными в разных источниках разрозненными рекомендациями по отдельным группам конструктивных элементов. Для приведения этих рекомендаций в единую систему воспользуемся распределением их по функциональному признаку. В качестве таких функциональных признаков, обеспечивающих требуемый уровень качества продукции и снижение материальных и трудовых затрат, можно выделить следующие функции.

F1. Обеспечить свободное врезание и выход режущего инструмента.

F2. Обеспечить точность.

2.1. Обеспечить рациональные условия базирования.

2.2. Обеспечить рациональную простановку размеров.

F3. Обеспечить достаточно высокий уровень жесткости детали и режущего инструмента.

F4. Обеспечить унификацию конструктивных элементов.

F5. Обеспечить удобство составления программ для станков с ЧПУ.

F6. Повысить эффективность использования станков с ЧПУ и ОЦ.

F7. Снизить объём ручных операций и слесарной доработки.

Способы реализации указанных функций, разумеется, не являются единственно возможными и не ограничивают собой полный набор способов и необходимы, чтобы получить более полное представление о существе функций и примерах их реализации. По мере накопления информации для рассматриваемой номенклатуры деталей способы повышения технологичности для реализации указанных функций могут уточняться и добавляться.

Кроме того, следует уточнить, что реализация функции F4 (обеспечение унификации конструктивных элементов) ориентирована только на данную рассматриваемую деталь. Вопросы, касающиеся унификации деталей и конструктивных элементов для группы деталей, рассматриваются на следующем этапе, на стадии количественной оценки технологичности.

Качественная оценка технологичности практически не может опираться на определение производственных затрат. Но тем не менее необходимо получить четкое представление, насколько качественно реализованы указанные выше технологические функции в конструкции детали. Для этой цели пользуются понятием качества исполнения функций. Под качеством исполнения функций (КИФ) понимается отработанность (качество) конструкции детали с точки зрения обеспечения данной функции.

В процессе анализа КИФ решаются следующие задачи:

- устанавливается степень соответствия анализируемой конструкции детали требованиям технологичности по рассматриваемым технологическим функциям;
- выявляются «слабые» места, которые лимитируют качество объекта, с позиций исполнения данной функции;
- разрабатываются предложения.

Большой объем качественных показателей затрудняет оценку технологичности, не исключает субъективного подхода. Поэтому для приведения показателей качества исполнения функции к единому масштабу возможно использовать только экспертный метод.

Коэффициенты весомости каждого показателя (ki) определяются экспертным путём по их приоритету, а их суммарное значение

$\sum_{i=1}^{n} ki = 1$, т.е. весовые показатели нормированы на единицу.

В качестве экспертов (4—7 человек) могут привлекаться сотрудники, выполняющие аналогичные проекты. Для примера можно привести один из вариантов распределения значений коэффициентов весомости при использовании всех перечисленных функций:

F1 — K1 = 0,15
F2 — K2 = 0,25
F3 — K3 = 0,10
F4 — K4 = 0,20
F5 — K5 = 0,15
F6 — K6 = 0,10
F7 — K7 = 0,05
ΣKi = 1,0

Проводится экспертная оценка качества исполнения функций. Для этой цели конструкция рассматриваемой детали оценивается с позиции реализации каждой из выбранных функций в виде вербальных оценок «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Эта оценка для каждой функции переводится в условные единицы (баллы) с помощью специальной шкалы. Для этой цели используется четырёхбалльная шкала с тремя градациями.

Вербальная шкала	Балльная шкала
Хорошо	4
Удовлетворительно	3
Неудовлетворительно	2

Рассчитывается комплексный показатель качества реализации рассматриваемых функций (Ак), оценивающий технологичность детали по качественным признакам, рассчитанный как средняя величина из суммы балльных оценок с учетом коэффициентов весомости каждой функции:

$$A_к = \sum_{i=1}^{n} K_i \cdot A_i, \qquad (1.1)$$

где A_i - усреднённая балльная оценка реализации каждой функции;

K_i - коэффициент весомости (значимости) каждой функции.

Если Ак ≥ 3, то общая оценка удовлетворительная, если А < 3, то общая оценка технологичности конструкции детали по качественным показателям будет неудовлетворительной.

При неудовлетворительных значениях Ai для любой функции и комплексного показателя Ак для детали в целом составляется перечень недостатков, объясняющих такие оценки и разрабатываются предложения по улучшению технологичности конструкции рассматриваемой детали.

1.3. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ В МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Основные показатели, к которым относится:

- уровень технологичности конструкции по трудоемкости ($K_{у.т.}$);

- уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости ($K_{у.с.}$) использовать для оценки технологичности отдельных деталей сложно.

Поэтому для оценки технологичности конструкции деталей, подвергаемых механической обработке, пользуются дополнительными показателями.

1.Коэффициент унификации конструктивных элементов:

$$K_{у.э.} = \frac{Q_{у.э.}}{Q_э}, \qquad (1.2)$$

где $Q_{у.э.}$ - число унифицированных конструктивных элементов;

$Q_э$ - число конструктивных элементов в детали.

Конструктивными элементами детали являются: резьбы, элементы крепления, галтели, фаски, проточки, канавки, отверстия, шлицы и т.д. Коэффициент унификации конструктивных элементов

может быть подсчитан и для группы или класса деталей, обрабатываемых на данной ГПС.

2. Коэффициент стандартизации конструктивных элементов:

$$K_{с.э.} = \frac{Q_{с.э.}}{Q_э}, \qquad (1.3)$$

где $Q_{с.э.}$ - число стандартизованных конструктивных элементов;

$Q_э$ - число конструктивных элементов в детали.

3. Коэффициент применяемости стандартизованных обрабатываемых поверхностей:

$$K_{с.о.п.} = \frac{D_{о.с.}}{D_{о.п.}}, \qquad (1.4)$$

где $D_{о.с.}$ - число поверхностей, обрабатываемых стандартным режущим инструментом.

$D_{о.п.}$ - число поверхностей, подвергаемых механической обработке.

4. Коэффициент обработки поверхностей:

$$K_{о.п.} = 1 - \frac{D_{о.п.}}{D_п}, \qquad (1.5)$$

где $D_{о.п.}$ - число поверхностей, подвергаемых механической обработке;

$D_п$ - общее число поверхностей детали.

$K_{о.п.}$ = I - при отсутствии механической обработки

$K_{о.п.}$ = 0 - все поверхности подвергаются механической обработке.

5. Коэффициент повторяемости поверхностей:

$$K_{п.п.} = 1 - \frac{D_н}{D_п}, \qquad (1.6)$$

где $D_н$ - число наименований поверхностей;

$D_п$ - общее число поверхностей детали.

6. Коэффициент использования материала:

$$K_{и.м.} = \frac{M_{дет.}}{M_{заг.}}, \qquad (1.7)$$

где $M_{дет.}$ - масса детали;

$M_{заг.}$ - масса заготовки.

7. Коэффициент обрабатываемости материала:

$$K_{о.м.} = \frac{T_о}{T_{о'}}, \qquad (1.8)$$

где T_o - основное (машинное) время обработки рассматриваемого материала;

$T_{o'}$ - то же для базового материала (сталь 45).

Так как $T_o = \frac{L}{n \cdot S}$, отсюда $= \frac{T_o}{T_{o'}} = \frac{n' S'}{n \cdot S}$,

где L - путь резания, мм;

n - частота вращения шпинделя, об/мин;

S - подача, мм/об.

8. Коэффициент точности обработки:

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{A_{ср.}} = 1 - \frac{\Sigma n_i}{\Sigma A\, n_i}, \qquad (1.9)$$

где $A_{ср} = \frac{\Sigma A\, n_i}{\Sigma n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \ldots}{n_1 + n_2 + n_3 + \ldots}$ — средний квалитет точности;

A - квалитет обработки;

n - число размеров соответствующего квалитета.

Для группы или класса деталей.

$$K_{тч.} = 1 - \frac{Д_{тч.}}{Д}, \qquad (1.10)$$

где $Д_{тч}$ - число деталей с точностью не выше 10-го квалитета;

Д - общее число деталей в группе.

9. Коэффициент шероховатости поверхности

$$K_ш = 1 - \frac{1}{Б_{ср.}}, \qquad (1.11)$$

где $Б_{ср}$ - среднее числовое значение параметра шероховатости,

$$Б_{ср} = \frac{\Sigma Б\, n_i}{\Sigma n_i} = \frac{100n_{100} + 10n_{10} + 0{,}100n_{0,100} + 0{,}008n_{0,008} + \ldots}{n_{100} + n_{10} + n_{0,100} + n_{0,008} + \ldots}, \qquad (1.12)$$

где Е - числовое значение параметра шероховатости (предпочтительно по параметру Ra);

n - число поверхностей с соответствующим числовым значением параметра шероховатости (например, по параметру Ra).

10.Коэффициент применения типовых технологических процессов :

$$K_{т.п.} = \frac{Q_{т.п.}}{Q_{п.}}, \qquad (1.13)$$

где $Q_{т.п.}$ - число типовых технологических процессов;

$Q_{п.}$ - общее число применяемых технологических процессов для группы деталей, участка, ГПМ или ГПС.

Для сравнительной оценки технологичности конструкции деталей обычно используют базовые показатели технологичности, которые необходимо обеспечить в процессе конструкторской и технологической подготовки производства и которые обычно характеризуют современный уровень развития технологии. Тогда уровень технологичности объекта определяется отношением:

$$У = \frac{П_{д.}}{П_{Б.}}, \qquad (1.14)$$

где $П_д$ - фактический (достигнутый) показатель технологичности;

$П_Б$- нормативный (базовый) показатель технологичности.

Величина базового показателя технологичности оказывает существенное влияние на значения показателей уровня технологичности. Поэтому определение численных значений базовых показателей является важным этапом отработки конструкции на технологичность.

Известен ряд методов определения значений базовых показателей технологичности, но большинство методов требует сложных расчётов и большого объёма исходной информации. В связи с этим более удобно установить только верхнюю и нижнюю величины базовых показателей. Нижний предел базового показателя определяется как среднее арифметическое фактически достигнутых значений, а верхний назначается на уровне показателей для изделий высшей категории качества. Допускается использовать нормативные данные по отраслям, а также директивное установление верхнего предела изменения базовых показателей в соответствии с плановыми заданиями.

Форма представления базовых значений показателей ориентирована на серийное производство, увязана с балльной оценкой каждого показателя.

Как и при оценке по качественным показателям, используется трехбалльная шкала (табл.1.1).

Таблица 1.1

Базовые показатели технологичности и их балльная оценка

№ п/п	Показатели технологичности	Базовые значения показателей технологичности			
	наименование	обозначение	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо
1	Коэффициент унификации конструктивных элементов	$К_{у.э.}$	<0,1	0,1...0,2	>0,2
2	Коэффициент стандартизации конструктивных элементов	$К_{с.э.}$	<0,1	0,1...0,2	>0,2
3	Коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей	$К_{с.о.п.}$	<0,6	0,6...0,8	>0,8
4	Коэффициент обработки поверхностей	$К_{о.п.}$	<0,3	0,3...0,7	>0,7
5	Коэффициент повторяемости поверхностей	$К_{п.п.}$	<0,2	0,2...0,8	>0,8
6	Коэффициент использования материала	$К_{и.м.}$	<0,5	0,5...0,7	>0,7
7	Коэффициент обрабатываемости материала	$К_{о.м.}$	<0,7	0,7...1,0	>1
8	Коэффициент точности обработки	$К_{тч.}$	<0,85	0,85...0,92	>0,92
9	Коэффициент шероховатости	$К_{ш.}$	<0,6	0,6...0,95	>0,95
10	Коэффициент применяемости типовых ТП	$К_{т.п.}$	<0,2	0,2...0,5	>0,5
	Баллы		2	3	4

Примечание: таблица заполняется по статистическим данным предприятия, либо по нормативным документам отрасли.

Неоднозначность оценки технологичности конструкции по группе показателей требует приведения этих показателей к единому комплексному показателю. Существует целый ряд методик определения комплексных показателей технологичности. С целью унификации методик определения комплексных качественных и количественных показателей технологичности воспользуемся методикой балльных оценок (с учетом данных табл. 1.1), рассчитывая комплексный показатель как среднюю величину из суммы балльных оценок с учетом коэффициентов весомости каждого частного показателя:

$$Б_к = \sum_{i=1}^{n} Б_i \cdot a_i, \qquad (1.15)$$

где $Б_i$ - числовое значение балла, соответствующее численной величине частного показателя при сопоставлении с базовым значением этого показателя;

a_i - величина удельного влияния (значимости) частного показателя.

Коэффициенты весомости каждого показателя определяются экспертным путем, а их суммарное значение нормируется на единицу, т.е.

$$\sum_{i=1}^{n} a_i = 1.$$

Существует следующий порядок отработки деталей на технологичность.

В соответствии с конструктивным исполнением конкретной детали из указанной выше номенклатуры количественных показателей выбирают наиболее приемлемые 6 - 8 показателей.

Для каждого показателя экспертным опросом определяется коэффициент весомости (значимости) из условия:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i = 1. \qquad (1.16)$$

В последующем на однородную номенклатуру деталей эти значения могут сохраняться.

Рассчитываются значения выбранных показателей для данной детали.

По численным значениям частных показателей с учетом базовых значений (см. табл. 1.1) назначается оценка в баллах ($Б_i$) каждому частному показателю.

Определяется значение комплексного показателя технологичности по формуле:

$$Б_к = \sum_{i=1}^{n} Б_i \cdot a_i. \qquad (1.17)$$

Дается общая оценка уровня технологичности конструкции детали по количественным показателям. Если $Б_к \geq 3$, то общая оценка удовлетворительная, если $Б_к < 3$ - неудовлетворительная.

При неудовлетворительном значении любого частного показателя $Б_i$ и комплексного показателя $Б_к$ составляется перечень недостатков, предопределяющих негативные значения показателей, и разрабатываются предложения по улучшению технологичности конструкции рассматриваемой детали.

1.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТРАБОТКИ КОНСТРУКЦИЙ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Разработанная выше методика качественной и количественной оценки технологичности конструкции деталей (ТКД), изго-

товляемых механической обработкой, достаточно проста и в принципе может использоваться в безмашинном варианте. Однако для снижения трудоемкости, повышения качества и объективности оценки ТКД с привлечением большего объема справочно-нормативной информации применение ЭВМ становится приемлемым при создании системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) или ее элементов. Поэтому здесь рассматриваются рекомендации, которые необходимо учесть при создании такой системы.

В целом схема оценки уровня технологичности конструкции приведена на рис. 1.1.

При создании автоматизированной подсистемы оценки ТКД, подвергаемых механической обработке, целесообразно использовать 3-уровневую структуру:

1-ый уровень - информационный поиск для решения вопросов оценки ТКД;

2-ой уровень - оптимизация критериев ТКД;

3-ий уровень - использование наиболее рациональных решений при разработке технологических процессов.

Эти направления необходимо тесно увязывать с задачами САПР ТП, что в первую очередь связано с общностью баз данных.

Формирование информационных массивов является наиболее ответственным и трудоемким этапом, требующим учета возможности решения ряда взаимосвязанных задач.

Повышение уровня автоматизации и обеспечение быстрой сменяемости объекта производства в условиях ГПС во многом решается за счет комплексной конструкторской и технологической унификации. Причем за основу такой системы унификации при создании информационных массивов рекомендуется брать конструктивный элемент детали (КЭД). Под конструктивным элементом детали подразумевается поверхность детали, для окончательной обработки которой применяется режущий инструмент определенного типоразмера. Поверхности считаются унифицированными, если они могут быть обработаны инструментом одного типоразмера, а конструктивное подобие геометрических форм поверхностей учитывается только в той степени, которая определяет набор режущего инструмента.

Работа по унификации КЭД может проводиться путем систематизации их по функциональному назначению и форме. По функциональному назначению элементы могут подразделяться на те, которые выполняют технологические функции, и те, которые выполняют конструктивные функции. Обе группы могут описываться несколькими уровнями иерархической классификации. В качестве примера КЭД, выполняющих технологические функции, можно привести канавки и пазы для выхода инструмента при отработке, для разделения поверхностей и т.д. Конструктивные

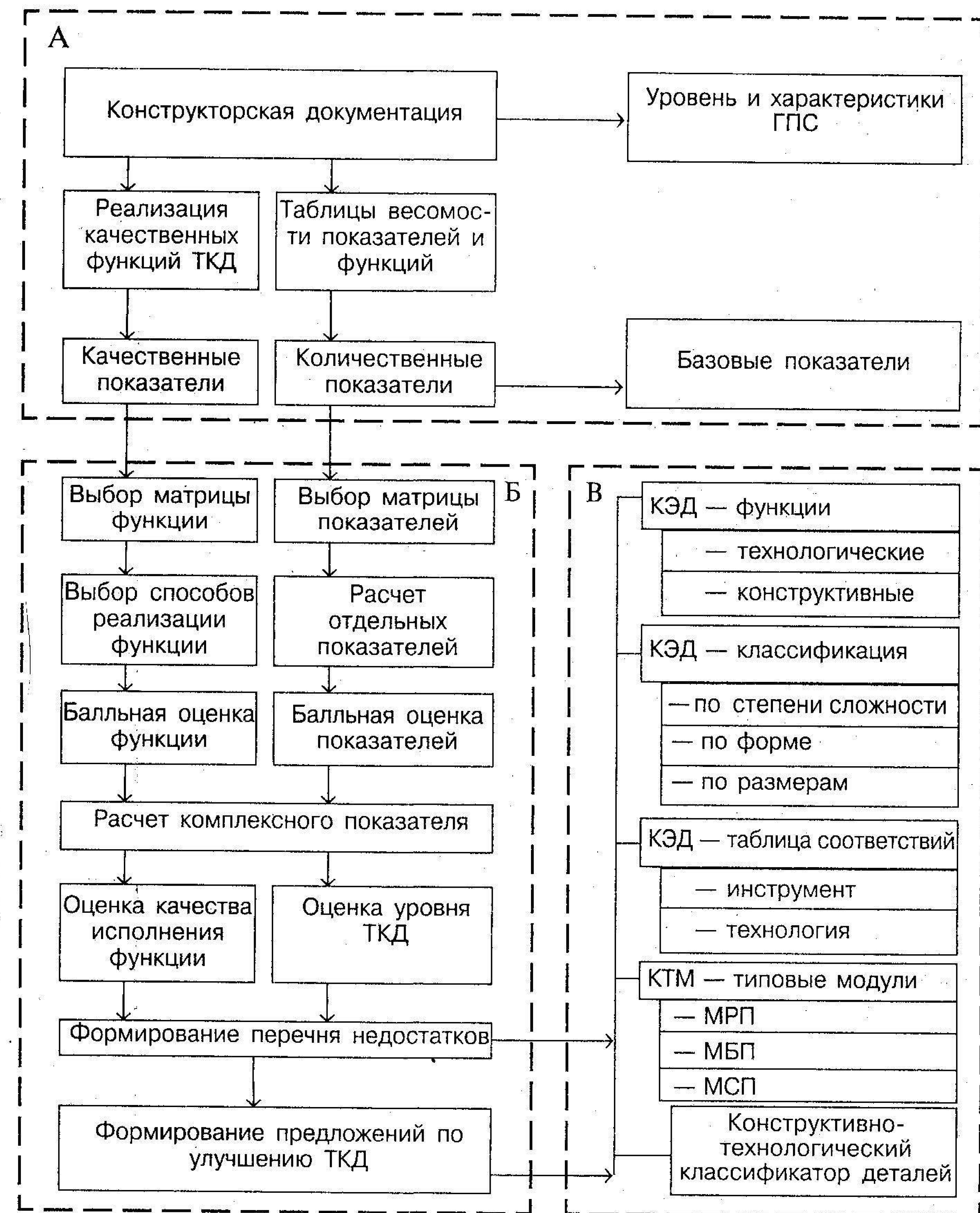


Рис 1.1.Схема оценки уровня технологичности конструкции детали:

А — формирование исходных данных;
Б — оценка уровня ТКД;
В — формирование справочно-нормативной информации;
ТКД — технологичность конструкции деталей;
КЭД — конструктивный элемент детали;
КТМ — конструктивно-технологический модуль;
МРП — модуль рабочих поверхностей;
МБП — модуль базирующих поверхностей;
МСП — модуль связующих поверхностей.

функции могут выполнять аналогичные пазы и канавки под уплотнения, для смазки, для крепления, для базирования деталей в изделии и т.д.

Систематизация элементов общего применения, например, отверстий, осуществляется, прежде всего, на основе их классификации по форме, здесь необходимо учитывать и степень сложности элементов, их форму, размеры и точность. На базе такой систематизации КЭД появляется возможность их стандартизации. В свою очередь стандартизация КЭД должна осуществляться комплексно во взаимосвязи со стандартизацией технологии их обработки, режущего и мерительного инструмента. Такая стандартизация становится возможной при создании таблиц соответствий КЭД и технологических решений.

На следующей стадии создания информационной базы можно использовать модульный подход к конструкции детали и к технологии ее изготовления. В основу этого подхода положено разделение всех поверхностей на 3 группы: рабочие поверхности, базирующие поверхности и связующие поверхности.

Для накопления текущей информации по номенклатуре деталей и их характерным конструктивно-технологическим особенностям можно воспользоваться созданием информационных карт для каждой детали. Один из вариантов формы такой карты приведен. Это позволяет создать в последующем конструктивно-технологический классификатор деталей и типовые технологические процессы на каждую группу деталей.

Таким образом, создаваемая информационная база, объединяющая совместные конструктивно-технологические решения, позволяет использовать ее не только для оценки технологичности, но и для решения других задач при формировании технологического процесса.

Создание такой информационной базы несомненно позволит повысить качество и оперативность оценки технологичности конструкции деталей, подвергаемых механической обработке, и позволит перейти к разработке автоматизированной подсистемы для этой цели.

1.5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ДЕТАЛЕЙ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Выполняя работу по оценке технологичности конструкции деталей, изготовляемых механической обработкой, необходимо оценить и рациональность конструктивных форм деталей с точки зрения конкретных методов получения заготовок (литье, обработка давлением и т.д.). Этот вопрос проработан достаточно подробно в части требований и правил отработки на технологичность конструкций различных типов заготовок и их конструктивных элементов. Эти требования позволяют в какой-то мере согласовать конструкцию детали и конструкцию заготовки. Все конструктивные элементы детали рассматриваются с учетом рекомендации для принятого метода получения заготовки, а результаты анализа оформляются в виде таблицы и кратких пояснений к ней по существующему и рекомендуемому вариантам конструкций деталей.

Затем рассматривается рациональность конструкции детали с точки зрения требований механической обработки. Методики качественной и количественной оценки достаточно подробно изложены выше в подразделах 1.2 и 1.3. По результатам анализа дается аргументированное заключение о технологичности конструкции детали с позиции механической обработки и при необходимости формируется комплекс предложений по улучшению технологичности конструкции детали.

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ОРУЖИЯ

В процессе эксплуатации оружия детали подвергаются сложным воздействиям. Поэтому из условия работы детали и характера воспринимаемых ими нагрузок определяется выбор материала для их изготовления по их свойствам [2,3,4].

2.1. ОЦЕНКА СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

2.1.1. **Теплофизические свойства** оцениваются плотностью материала (γ, г/см'2), температурой плавления ($T_{пл}$, °С), критической точкой превращения перлита в аустенит при нагреве (A_{c1}, °С), критической точкой превращения аустенита в перлит при охлаждении ($A_{ч1}$, °С), температурой конца аустенизации (A_{c3}, °С), температурой начала мартенситного превращения ($M_н$, °С), температурой конца мартенситного превращения ($M_к$, °С), коэффициентом линейного расширения ($\alpha \cdot 10^6$,1/°С), коэффициентом теплопроводности (λ, Вт/м°С), удельной теплоемкостью (С, Дж/кг · °С), коэффициентом температуропроводности (а, м²/°С), удельным электросопротивлением (Ω, ом · см), коэффициентом Пуассона (μ).

2.1.2. **Механические свойства** характеризуются временным пределом прочности ($\delta_в$,МПа), условным пределом текучести($\delta_{0,2}$, МПа), пределом пропорциональности ($\delta_{пц}$, МПа), пределом упругости ($\delta_{0,05}$, МПа), относительным удлинением (δ,%), относительным сужением (ψ, %), ударной вязкостью (КС,Дж/м²): с V-образным надрезом (KCV), с U-образным надрезом (KCU) и образцов с трещиной(КСТ), твердостью(Н, н/мм²),: по Бринелю (НВ) и по Роквеллу ($HRC_э$).

2.1.3. **Сопротивление коррозионному разрушению.**

Различают несколько видов коррозии (ГОСТ 5272 - 68): равномерная, неравномерная, местная, межкристаллическая, контактная, щелевая, коррозия под напряжением, коррозионное растрескивание, коррозионная усталость, биокоррозия.

В соответствии с ГОСТом 9.908 - 85 коррозионная стойкость оценивается по глубине проникновения коррозии в металл с учетом влияния среды, температуры, длительности испытания. Проникновение коррозии (П, мм/год) определяется по формуле:

$$П = \frac{K}{\gamma} \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

где К - потеря массы (г/м² · год)

γ - плотность (г/см³).

Классификация материалов по их коррозионной стойкости производится по десятибалльной шкале. При определении потери массы следует полностью удалять продукты коррозии. Оценка коррозионной стойкости материалов при скорости коррозии 0,5 мм/год и выше производится по группам стойкости, а менее 0,5 мм/год - по баллам. Десятибалльной шкалой не допускается пользоваться при наличии в металле межкристаллической коррозии и коррозионного растрескивания.

2.1.4. **Жаростойкость (окалиностойкость)** - способность материалов противостоять высокотемпературной коррозии в воздушной и агрессивных газовых средах. Методы испытания образцов на жаростойкость по ГОСТу 6130-71 заключаются в измерении их массы до и после испытания в потоке газовой струи со скоростью не менее 0,025 м/с и не более скоростей, вызывающих другой вид разрушения - эрозию.

Характеристики жаростойкости установлены ГОСТом 21910-76.

2.1.5. **Эрозионная стойкость** - способность материалов противостоять износу и разрушению при воздействии высокотемпературных газовых потоков большой интенсивности. Она характеризуется изменением (уменьшением) массы изделия или изменением линейного размера в единицу времени (Э, г/с, г/см² · с, мм/с).

2.1.6. **Технологические свойства:**

а). **Литейные свойства** оцениваются относительными значениями коэффициентов, равных отношению показателей для выбираемого и эталонного материала, определенных по единым методикам. В качестве эталонной принята сталь 30Л. Технологичность литейных материалов оценивается следующими показателями: коэффициентом жидкотекучести ($K_{ж.т.}$), коэффициентом трещиноустойчивости ($K_{т.у.}$), коэффициентом склонности к образованию усадочных раковин ($K_{у.р}$), коэффициентом склонности к образованию усадочной пористости ($K_{у.п.}$), линейной усадкой литейного материала за период его охлаждения от температуры заливки до комнатной.

б). **Ковочные свойства (ковкость)** характеризуются механическими свойствами в зависимости от температуры испытания

в интервале ковочных температур. Она определяется условным коэффициентом ковкости:

$$K_{\psi} = 10\psi^t/\sigma_в^t, \qquad (2.2)$$

где ψ^t - относительное сужение материала при испытании образцов на разрыв при температуре конца ковки (%),

$\sigma_в^t$ - временное сопротивление разрыву при температуре конца ковки (Па).

Принято считать, что при $K\psi < 1$ - металл практически не куется, а при $K\psi > 20$ - металл куется без ограничений.

Ковкость также можно оценить предельной степенью деформации при осадке цилиндрического образца с $H/D \le 1$ в интервале ковочных температур.

в). **Штампуемость** - способность материала изменять свою форму и размеры без разрушения при его холодной деформации. При оценке штампуемости берут данные, характеризующие химический состав и механические свойства металла, а в некоторых случаях проводят технологические пробы.

Для интегральной оценки относительной штампуемости материалов принимается коэффициент штампуемости:

$$K_ш = \sigma_{0,2}/(\sigma_в - \delta). \qquad (2.3)$$

Чем меньше $K_ш$, тем штампуемость (деформируемость в холодном или нагретом состояниях) лучше.

г). **Свариваемость** - способность материалов образовывать неразъемные соединения с требуемой прочностью и надежностью. Основной количественной характеристикой свариваемости является коэффициент свариваемости:

$$K_{св} = \sigma_{св}^{сш}/\sigma_в^{ом}, \qquad (2.4)$$

где $\sigma_{св}^{сш}$, $\sigma_в^{ом}$ - временное сопротивление разрыву соответственно металла шва и основного металла. Необходимо стремиться к тому, чтобы сварной шов был равнопрочен основному металлу, т.е. $K_{св} = 1$.

д). **Паяемость** - способность материалов образовывать паяные неразъемные соединения с требуемой прочностью, герметичностью, электропроводностью и т.д. Качество паяных соединений зависит от правильного выбора конструкционного материала, материалов припоя и флюса, величины зазоров и других технологических параметров. Паяемость материалов (как и при сварке) количественно оценивают по результатам механических испытаний паяных соединений и исследованиями микроструктуры паяного шва.

е). **Прокаливаемость** в соответствии с ГОСТ 5657-69 приведена данными по критическим диаметрам при закалке в масле или в воде при определенном количестве мартенсита в структуре стали.

ж). **Склонность к отпускной хрупкости** стали проявляется в резком снижении ударной вязкости при медленном охлаждении после высокого отпуска или при длительных выдержках в интервале температур 450 - 600°С. Стали условно разбиты на три группы: не склонные к отпускной хрупкости, малосклонные и склонные.

з). **Обрабатываемость резанием** материалов оценивается коэффициентом обрабатываемости:

$$K_v = V_{60}^{сп}/V_{60}^{45}, \qquad (2.5)$$

где $V_{60}^{сп}$, V_{60}^{45} - допускаемые скорости резания соответственно рассматриваемого материала и эталонной стали, применительно для 60-минутной стойкости резцов. В качестве эталонной стали принята сталь 45 (ГОСТ 1050-74) с $\sigma_в = 637$ МПа, НВ = 179. Коэффициенты обрабатываемости рассматриваемого материала для условий точения ($t = 1{,}5$мм, $S = 0{,}2$мм/об) резцами с $\varphi = 60°$ определяются:

- при обработке твердосплавными резцами $K_v^{тс} = V_{60}^{сп}/145$,

где $V_{60}^{сп}$ - скорость резания, соответствующая 60-минутной стойкости резцов при точении данного материала, м/мин; 145 - значение V_{60} при точении эталонной стали 45;

- при обработке резцами из быстрорежущей стали $K_v^{бс} = V_{60}^{сп}/70$,

где 70 - значение V_{60} при точении стали 45.

Для принятых условий резания абсолютное значение скорости резания $V_{60}^{сп}$ рассматриваемой марки материала определяется умножением коэффициентов $K_v^{тс}$ и $K_v^{бс}$ соответственно на V_{60} эталонной стали 45 (145 и 70).

Обозначения химических элементов в материалах: углерод (С), кремний (Si), марганец (Mn), сера (S), фосфор (Р), хром (Cr), железо (Fe), цезий (Се), никель (Ni), молибден (Мо), вольфрам (W), ванадий (V), кобальт (Со), азот (N), ниобий (Nb), титан (Ti), тантал (Та), алюминий (Al), медь (Cu), мышьяк (As), цирконий (Zr), бор (В), барий (Ва).

В обозначениях марок сталей и сплавов первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буквы за цифрами обозначают: С - кремний, Г - марганец, Н - никель, М - молибден, Х - хром, К - кобальт, Т - титан, Ю - алюминий, Д - медь, В - вольфрам, Ф - ванадий, Р - бор, Б - ниобий, Ц - цирконий. Буква «А» в конце марки указывает на повышенное качество материалов.

2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ

А. Конструкционные углеродистые стали.

Кипящая сталь 08кп (10кп), сталь 45 (40, 50) ГОСТ 1050-74 и углеродистая сталь У8А (У9А, ... , У12А) ГОСТ 1435-74 поставляются в виде сортового проката (в том числе фасонного), калиброванного прутка, шлифованного прутка и серебрянки, тонкого и толстого листов, ленты, полосы, трубы и проволоки (патентированной проволоки для пружин из сталей (У8А, ... , У12А).

Стали предназначены для деталей, работающих при температуре до 450°С, к которым предъявляются требования высокой пластичности и деталей после химико-термической обработки (ХТО), поверхностного пластического деформирования (ППД), к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.

Температуры критических точек при термической обработке некоторых марок сталей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Температуры критических точек, °С

№ п/п	Критическая точка / Сталь	Ac_1	Ac_3	Ar_1	Мн
1.	08кп	732	874	680	—
2.	45	730	755	690	350
3.	У8А	730	765	700	245

Химический состав сталей приведен в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Химический состав, % (по массе)

№ п/п	Химический элемент / Сталь	C	Mn	Si	Cr	S	P	Cu	Ni	As
						не более				
1.	08кп	0,05-0,11	0,25-0,50	0,3	0,15	0,040	0,035	0,25	0,25	0,08
2.	45	0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,37	0,25	0,040	0,035	0,25	0,25	0,08
3.	У8А	0,76-0,83	0,17-0,28	0,17-0,33	0,20	0,018	0,025	0,2	0,2	—

Необходимо отметить, что во всех рассматриваемых марках сталей основой является железо.

Механические свойства сталей после термической обработки (цементации с 950°С, закалки с 810°С в воде и отпуска при 200°С, охлаждения на воздухе - для стали 08кп; закалки с 850°С в воде и отпуска при 450°С - для сталей 45 и У8А) приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Механические свойства сталей

№ п/п	Механические свойства / Сталь	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ	ψ	KCU	HB ($HRC_э$)
		МПа		%		Дж/см²	
1.	08кп	420	550	23	60	—	180
2.	45	590	840	14	50	70	230
3.	У8А	1230	1420	10	37	65	$HRC_э$40-45

Технологические свойства сталей: температура начала ковки заготовок - 1250°С, конца - 800°С. При сечении до 300мм заготовки охлаждаются на воздухе. Свариваются без ограничений. При этом применяется ручная дуговая сварка (РДС), автоматическая дуговая сварка (АДС) под флюсом и газовой защитой, контактная точечная сварка (КТС). Хорошо обрабатываются резанием. При твердости НВ 128-130 и $\sigma_в$=315-410МПа, $K_v^{тс}$=2,1 и $K_v^{бс}$=1,65. Не чувствительны к флокенообразованию и не склонны к отпускной хрупкости.

Б. Конструкционные легированные стали.

Стали 30ХРА по ОСТ 3-98-88, 40Х, 40ХН, 40ХН2МА и 45ХН2МФА по ГОСТ 4543-71 поставляются в виде сортового проката (в том числе фасонного), калиброванного прутка, тонкого и толстого листа, поковки, трубы. Применяется для изготовления деталей, работающих при вибрационных и динамических ударных нагрузках, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости. Сталь 45ХН2МФА применяется для изготовления деталей, работающих при скручивающих повторно-переменных нагрузках (например, торсионов).

Температура критических точек приведена в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Температура критических точек, °С

№ п/п	Критическая точка / Сталь	Ac_1	Ac_3	Ar_1	Мн
1	30ХРА	740	800	660	360
2	40Х	743	815	693	325
3	40ХН	735	768	660	305
4	40ХН2МА	730	820	380	320
5	45ХН2МФА	735	825	370	275

Химический состав сталей приведен в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Химический состав, % (по массе)

№ п/п	Химический элемент / Сталь	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	S, P не более	Cu
1	30ХРА	0,28-0,33	0,5-0,8	0,17-0,37	1,0-1,3	0,25-0,50	-	-	0,035	0,3
2	40Х	0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1	0,3	-	-	0,035	0,3
3	40ХН	0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,45-0,75	1,0-1,4	-	-	0,035	0,3
4	40ХН2МА	0,37-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,6-0,9	1,25-1,65	0,15-0,25	-	0,025	0,3
5	45ХН2МФА	0,42-0,5	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1	1,3-1,8	0,2-0,3	0,1-0,18	0,025	0,3

Механические свойства сталей после термической обработки (закалки с 870°С в масле и отпуске при 400°С, охлаждения на воздухе - для стали 30ХРА; закалки с 850°С в масле и отпуске при 400°С, охлаждения на воздухе - для сталей 40Х, 40ХН, 40ХН2МА и 45ХН2МФА) приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Механические свойства сталей

№ п/п	Механические свойства / Сталь	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см²	$HRC_э$
1.	30ХРА	1380	1410	14	50	62	38-42
2.	40Х	780	980	9	40	49	40-42
3.	40ХН	1220	1370	10	41	32	38-40
4.	40ХН2МА	1240	1370	12	52	59	40-42
5.	45ХН2МФА	1470	1530	10	46	43	42-45

Стали имеют следующие средние теплофизические характеристики при комнатной температуре: $\mu = 0,28$; $\alpha = 11,6 \cdot 10^6$ 1/°С; $\gamma = 43,5$Вт/м · °С; с = 476Дж/кг · °С.

Технологические свойства сталей: ковкость - хорошая, свариваемость - ограниченная (РДС, ЭШС с подогревом и последующая термообработка, $K_{св} \geq 0,8$), обрабатываемость резанием - хорошая ($K_v^{тс} = 1,0$; $K_v^{бс} = 0,92$ в отожженном состоянии; $K_v^{тс} = 0,55$; $K_v^{бс} = 0,46$ после термообработки на $\sigma_в \geq 1450$МПа), прокаливаемость при охлаждении в масле - 35мм.

В. Пружинные стали.

Закаливаемые марки пружинных сталей 60С2А, 50ХФА, 65С2ВА по ГОСТ 14959-79 поставляются в виде сортового проката (в том числе фасонного), калиброванного, шлифованного прутка и серебрянки, проволоки, ленты и полосы. Предназначены для изготовления тяжело нагруженных ответственных деталей, к которым предъявляются требования высокой усталостной прочности и пружин, работающих при температуре до 500°С.

Таблица 2.7

Температуры критических точек, °С

№ п/п	Критическая точка / Сталь	Ac_1	Ac_3	Ar_1	Мн
1.	60С2А	770	820	700	305
2.	50ХФА	752	788	688	300
3.	65С2ВА	765	780	700	300

Температура критических точек при термообработке сталей приведены в табл.2.7, а химический состав - в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Химический состав, % (по массе)

№ п/п	Химический элемент / Сталь	C	Mn	Si	Cr	Ni	V	W	P, S не более	Cu
1.	60С2А	0,58-0,63	0,6-0,9	1,6-2,0	0,3	0,25	—	—	0,025	0,2
2.	50ХФА	0,46-0,54	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1	0,25	0,1-0,2	—	0,025	0,2
3.	65С2ВА	0,61-0,69	0,7-1,0	1,5-2,5	0,3	0,25	—	0,8-1,2	0,025	0,2

Механические свойства сталей после закалки с 850°С в масле и отпуске при 400°С с последующим охлаждением на воздухе приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Механические свойства пружинных сталей

№ п/п	Механические свойства / Сталь	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ	ψ	KCU	$HRC_э$
		МПа		%		Дж/см²	
1.	60С2А	1470	1670	7	39	18	42
2.	50ХФА	1270	1470	12	40	30	45
3.	65С2ВА	1790	1860	11	40	50	48

Технологические свойства: не применяются для сварных конструкций; обрабатываемость резанием при твердости НВ 270 и прочности $\sigma_в$ = 900МПа, $K_v^{тс}$ = 0,7, $K_v^{бс}$ = 0,35; малосклонны к отпускной хрупкости; не чувствительны к флокенообразованию.

Г. Литейные стали.

Стали типа 50Л ГОСТ 977-75 и 30Х3С3ГМЛ ГОСТ 977-75 (ТУ 24.00.001-79) поставляются в виде отливок различных форм и размеров для всех типов производств при изготовлении деталей ответственного назначения.

Химический состав сталей приведен в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Химический состав, % (по массе)

№ п/п	Химический элемент / Сталь	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	S	P	Cu
								не более		
1.	50Л	0,47-0,55	0,4-0,9	0,2-0,52	0,3	0,3	—	0,045	0,040	0,3
2.	30Х3С3ГМЛ	0,29-0,33	0,7-1,2	2,8-3,2	2,8-3,2	—	0,5-0,6	0,02	0,02	0,3

Механические свойства после закалки с 860°С в масле и отпуске при 600°С - для стали 50Л и закалки с 1000°С в масле и отпуске при 400°С - для стали 30Х3С3ГМЛ представлены в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Механические свойства литейных сталей

№ п/п	Механические свойства / Сталь	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ	ψ	KCU	$HRC_э$
		МПа		%		Дж/см²	
1.	50Л	550	820	22	41	42	30-32
2.	30Х3С3ГМЛ	1697	1928	4,6	13	40	50-52

Стали имеют следующие физические свойства: Е = 202ГПа, G = 80ГПа, μ = 0,25, $\alpha \cdot 10^{-6}$ = 11,7 1/°С, λ = 18,6Вт/м · °С, с = 485Дж/кг · °С.

Технологические свойства: стали ограниченно свариваемые (требуют предварительного подогрева и последующей термообработки), температура начала затвердевания 1490-1500°С, показатель трещиноустойчивости ($K_{т.у.}$) - 0,5; склонность к образованию усадочной раковины ($K_{у.р.}$) - 1,1, жидкотекучесть ($K_{ж.т.}$) равна 1,1-1,2; линейная усадка - 1,9%. Сталь 30Х3С3ГМЛ коррозионно-стойкая, обладает хорошей ковкостью, обрабатываемость резанием в закаленном состоянии $K_v^{тс}$ = 0,3, $K_v^{бс}$ = 0,25.

В производстве деталей скорострельных артиллерийских автоматов и стрелкового оружия наряду с вышеприведенными марками сталей широко применяются коррозионно-стойкие стали типа 12Х18Н9Т по ГОСТ 5632-72 и жаропрочные сплавы ЭП949 (Х25Н22К40М9Г) ТУ 14-1-3457-82, мартенситностареющие стали Н18К13М5ТЮР по ТУ 14-1-3051-80, порошковые высокопрочные стали типа СП30Н2М и СП50Н2М по ТУ В3-30-85.

Химический состав и механические свойства порошковых сталей после закалки с температуры 850°С в масле и высокого отпуска при 500°С приведены в табл. 2.12.

Таблица 2.12.

Химический состав и свойства сталей

№ п/п	Химический элемент / Сталь	C	Ni	Mo	O_2	Механические свойства					
						$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ	ψ	KCU, Дж/см²	HRCэ
		%				МПа		%			
1.	СП30Н2М	0,3	2,0	1,0-1,5	0,05	950	1100	10	25	25	28-32
2.	СП50Н2М	0,5	2,0	1,0-1,5	0,05	1250	1400	12	28	30	30-35

В связи с низкой ударной вязкостью порошковые стали для ответственных деталей необходимо подвергать упрочняющей (например, термомеханической) обработке.

Широкое распространение при производстве деталей оружия получили неметаллические материалы. К ним относятся: высококачественные сорта древесины (орех, береза, дуб, бук, клен, самшит, даурская лиственница по ГОСТ 16424-83) и пластмассы (стеклопластик АГ-4С по ГОСТ 20437-75 и полиамид ПА6С-32С по ТУ 6-11-412-76). Физико-механические свойства данных материалов представлены в табл. 2.13.

Таблица 2.13

Физико-механические свойства материалов

№ п/п	Материал / Показатель	Сталь тонколистовая	Дерево (шпон)	Стеклопластик АГ-4С	Полиамид ПА6С-32С
1	2	3	4	5	6
1.	Стеклонаполнитель,%	—	—	30	32
2.	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	350	75	500	150
3.	Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	170	90	250	200
4.	Ударная вязкость, Дж/см²	40	4,0	15	4,5
5.	Модуль упругости при растяжении ($E \cdot 10^4$),МПа	200	1,2	3,0	0,8
6.	Коэффициент теплопроводности Вт/м · °С	115	0,23	0,45	0,29
7.	Теплостойкость по Мартенсу, °С	—	—	280	190
8.	Стоимость за 1кг, руб. (в ценах 1990г.)	0,2	0,4	3,5	2,9

Масса деталей, изготовленных из пластмасс, примерно в 2 раза меньше массы деталей из стали и на 15-20% ниже массы деревянных деталей.

3. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ОРУЖИЯ

3.1. МАШИННАЯ КОВКА НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ

Ковка - это метод обработки металлов давлением (ОМД) бойками или универсальным подкладным инструментом. Деформирование металла осуществляется путем осадки исходной заготовки по всей ее высоте или отдельным участкам. В результате деформирования происходит увеличение размеров заготовки в длину и ширину. Воздействие инструмента на боковые поверхности заготовки либо отсутствует, либо оно незначительно (ковка в вырезных бойках, подкладных штампах).

Ковка является практически единственным способом производства заготовок деталей ответственного назначения, работающих в тяжелых экстремальных условиях. Ее применяют для получения поковок простой конфигурации с напусками для упрощения формы по сравнению с готовой деталью.

Точность размеров заготовок, получаемых ковкой, находится в пределах 16-18 квалитетов, шероховатость поверхности Rz 160-180 мкм, глубина дефектного слоя (Т) от 150 до 300 мкм для углеродистой стали и 200-300 мкм - для легированной.

Схемы машинной ковки приведены на рис. 3.1.

К числу основных операций ковки относятся: осадка давлением (рис. 3.1, а) - уменьшение высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения; кузнечная протяжка - удлинение заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения, осуществляемое либо на плоских бойках (рис. 3.1, б); либо на оправке (рис. 3.1, в), прошивка (рис. 3.1, г) - образование сквозной или несквозной полостей в заготовке за счет свободного вытеснения металла; отрубка (рис. 3.1, д) -полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения инструмента; гибка (рис. 3.1, е) - образование или изменение узлов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы; правка давлением (рис. 3.1, ж) - устранение искаженной формы заготовки; скручивание (рис. 3.1, з) - поворот части заготовки вокруг продольной оси.

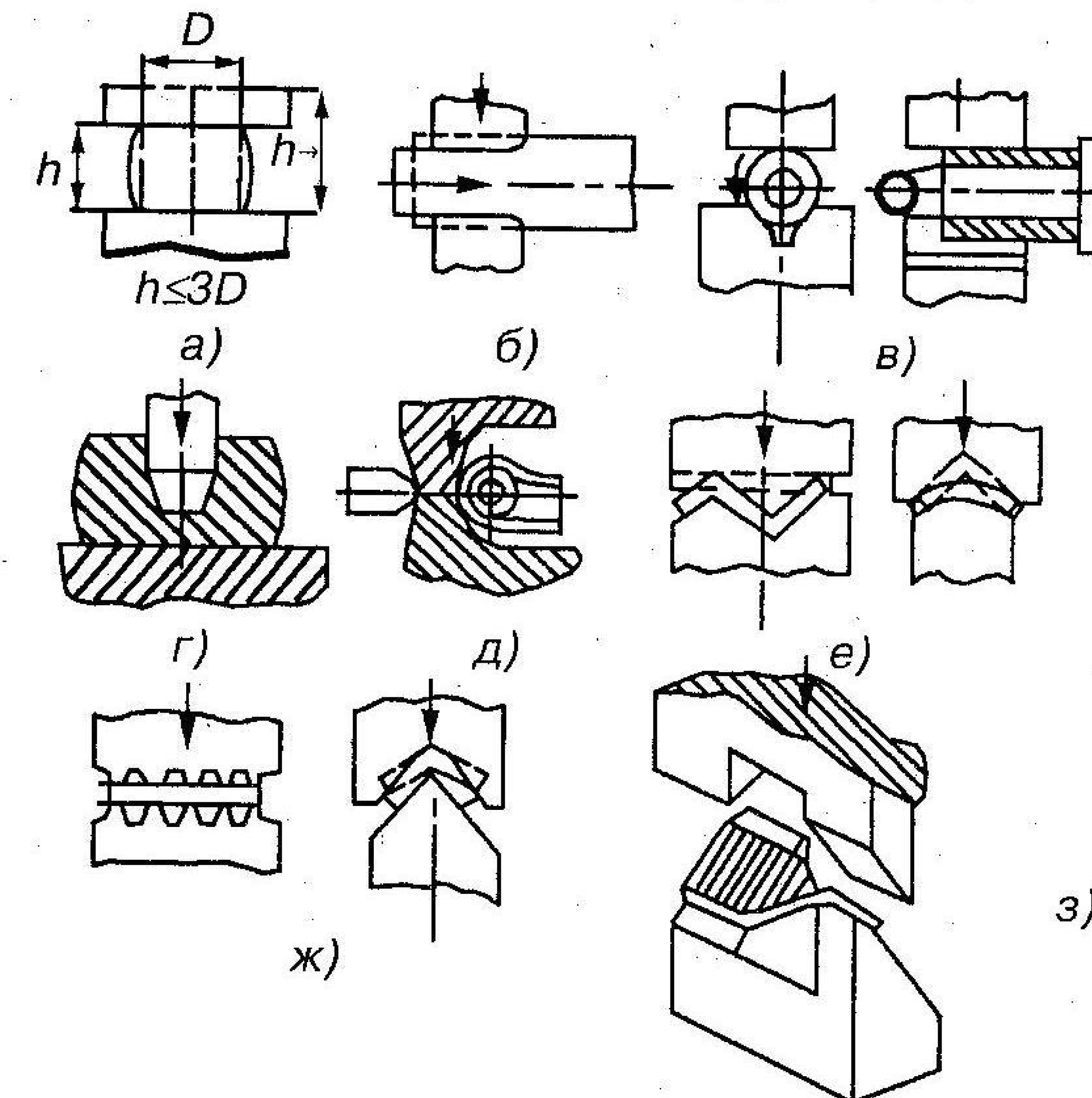


Рис. 3.1. Схемы машинной ковки

3.2. ШТАМПОВКА НА МОЛОТАХ

Штамповка - это ОМД с помощью штампа, при которой формообразование поковки из нагретой заготовки осуществляется в результате течения металла, ограниченного поверхностями полостей штампа. Объемная штамповка - это штамповка заготовки из сортового проката с обусловленным значительным перераспределением металла в поперечном сечении исходной заготовки. Штамп рассматривается как технологическая оснастка, посредством которой заготовка приобретает форму и размеры, соответствующие поверхности или контуру рабочих элементов штампа. Штамповка в открытом штампе (рис. 3.2, а) сопровождается образованием штамповочного слоя. При штамповке в закрытом штампе (рис. 3.2, б) образование облоя не предусматривается.

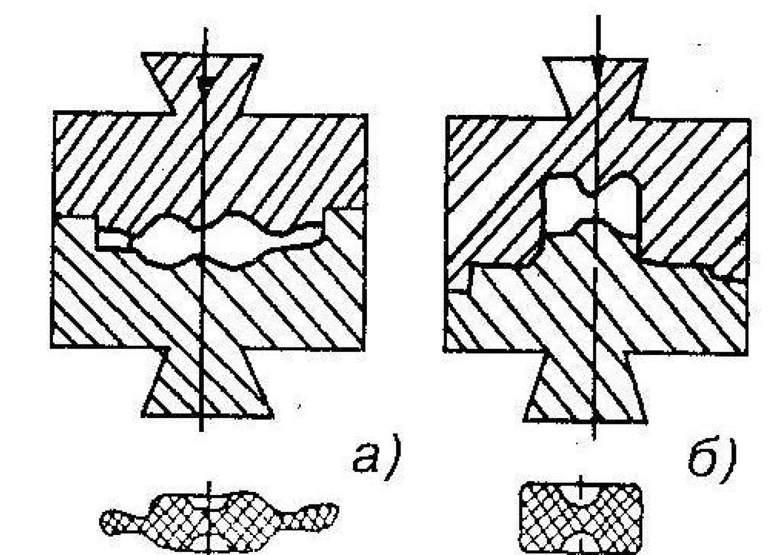


Рис. 3.2. Схемы объемной штамповки в открытых *(а)* и закрытых *(б)* штампах

По сравнению с коваными заготовками штампованные имеют более сложную форму и более однородную структуру металла. Штампованные заготовки за меньшее число операций производительнее в 10-15 раз больше, чем при ковке. Допуски здесь в 3-4 раза меньше, а качество поверхности - выше. К недостаткам молотовой штамповки относятся: высокая стоимость штампов; ограничение массы получаемых заготовок; большой отход металла в заусенец при штамповке в открытых штампах (до 15-20% массы поковки); большие, чем при ковке, усилия деформирования.

В качестве оборудования для получения штампованных заготовок используют машины ударного типа - паровоздушные двойного действия и пневматические штамповочные молоты. Преимущества молотов перед прессами: высокая производительность, невысокая стоимость, небольшие габариты, доступность энергоносителя (пар, сжатый воздух) и большая энергоемкость.

3.3. ШТАМПОВКА (ВЫДАВЛИВАНИЕ) НА КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССАХ

Сущность метода штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) аналогична молотовой штамповке. Своеобразием его, обусловленным постоянной величиной хода ползуна КГШП и его строго фиксированным нижним положением, являются две основные особенности: 1) деформируемый металл в 1,5 раза интенсивнее дополняет нижний ручей штампа, причем заполнение ручья происходит за один ход пресса; 2) деформируемый металл более легко течет в горизонтальном, чем в вертикальном направлении и в заусенец поступает более нагретый металл центральной части заготовки, который не успевая остыть, не обеспечивает необходимого для заполнения углов полости штампа подпора. Это обстоятельство вынуждает выбирать полость разъема вблизи торца поковки. Из-за особенностей характера течения металла многие поковки, штампуемые на молоте в одном ручье, нельзя отштамповать в том же ручье и приходится вводить либо дополнительный переход - фасонирование, либо изменять положение плоскости разъема.

КГШП широко применяют для выполнения процесса выдавливания: прямое (рис. 3.3, *а*), обратное (рис. 3.3, *б*), комбинированное (рис. 3.3, *в*), поперечное в разъемной матрице (рис. 3.3, *г*).

Выдавливанием изготовляют полые и стержневые поковки с цилиндрической, конической и ступенчатой формой. Для получения поковок выдавливанием также применяют сборные штампы, состоящие из блок-штампа и сменных рабочих вставок: матриц, пуансонов и др.

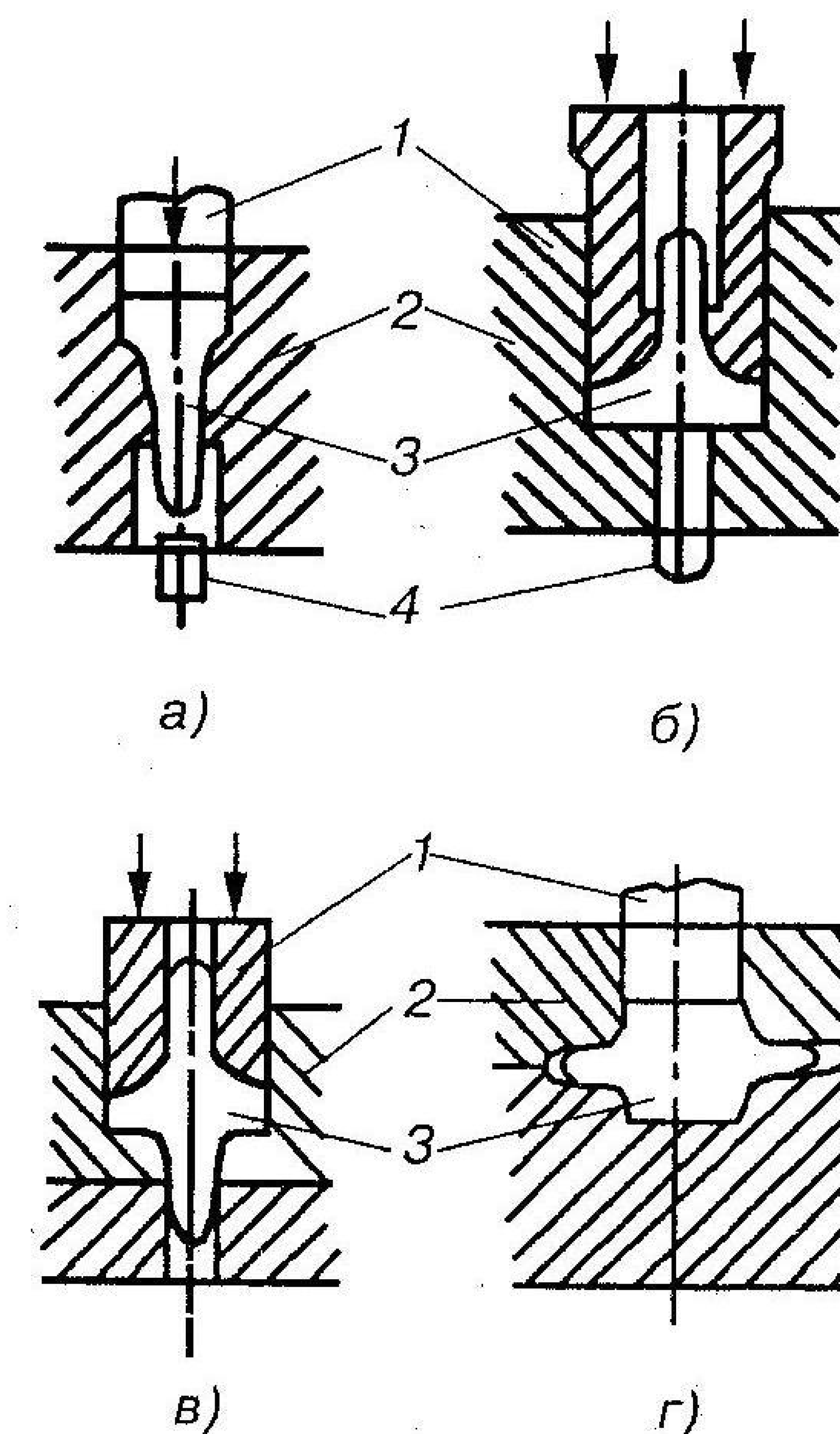


Рис. 3.3. Схемы выдавливания:
1 - пуансон, 2 - матрица, 3 - поковка, 4 - выталкиватель

По сравнению с штамповкой на молотах прессовая штамповка на КГШП обеспечивает следующие преимущества: уменьшение припусков на 20-35%, что повышает точность заготовок и снижает расход металла в 2-3 раза (10-15%).

3.4. ШТАМПОВКА НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ

При штамповке на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) деформируемый металл заполняет полость, образованную разъемной матрицей и пуансоном (рис. 3.4.).

Особенностью штамповки на ГКМ является горизонтальное расположение оси деформирования исходной заготовки и

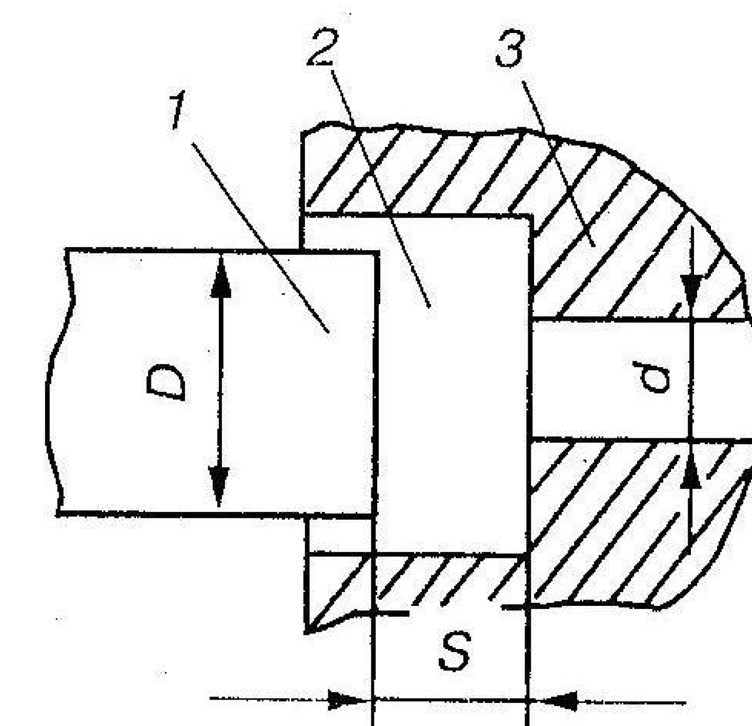


Рис. 3.4. Схема высадки заготовки на ГКМ:
1 - пуансон, 2 - заготовка,
3 - матрица

разъем матриц параллельно оси деформирования. Горячая штамповка на ГКМ относится к числу весьма распространенных, производительных и экономичных методов (отход металла не более 0,5-1,0%). Метод позволяет получать поковки таких форм, штамповка которых на молотах и КГШП исключена. Наличие в штампах КГМ разъема в двух взаимно перпендикулярных плоскостях позволяет получать поковки сложной конфигурации, с глубокими полостями и сквозными отверстиями, осуществлять местную деформацию металла на длинных заготовках.

К основным достоинствам штамповки на ГКМ относятся: более высокая по сравнению со штамповкой на молотах и прессах производительность; экономия металла за счет отсутствия штамповочных уклонов (кроме внутренних полостей); получение поковок без облоя; жесткость рабочего хода деформирующего инструмента позволяет изготовлять поковки с меньшими припусками и точными размерами; получение хорошей макроструктуры металла с благоприятно ориентированным расположением волокон при отсутствии их перерезания, что повышает механическую прочность поковок (только тела вращения); более точная и более дорогая исходная заготовка.

3.5. ШТАМПОВКА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ

Сущность процесса аналогична штамповке на молотах. В комбинации или в отдельности такие операции как глубокая штамповка и вытяжка с утонением (рис. 3.5.).

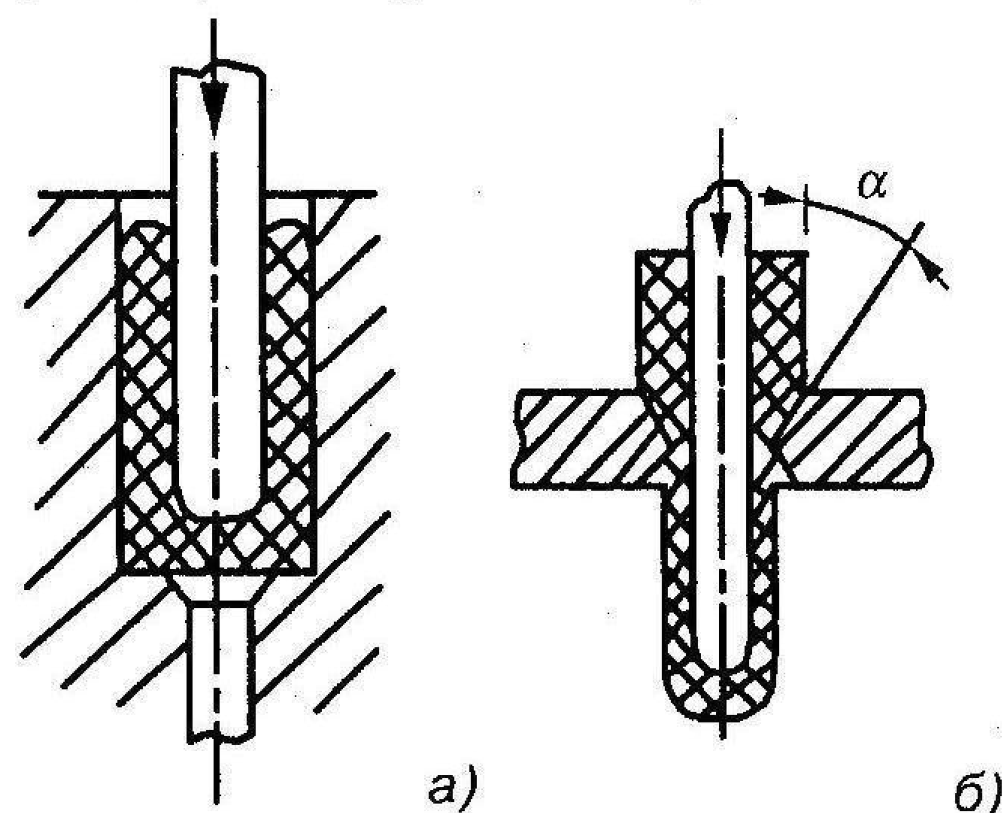


Рис. 3.5. Схема глубокой прошивки *(а)* и вытяжки *(б)* с утонением стакана

Положительная особенность метода - возможность безоблойной штамповки с разъемной матрицей. Заполнение закрытых ручьев штампа при этом происходит вдавливанием металла не только вверх и вниз, но и в сторону. Благодаря этому можно получать поковки сложной конфигурации и профили из стали, цветных металлов и сплавов. К числу недостатков штамповки на гидравлических прессах относятся сравнительно низкая производительность и необходимость очистки исходной нагретой заготовки от окалины.

3.6. ВАЛЬЦОВКА НА КОВОЧНЫХ ВАЛЬЦАХ

Вальцовкой называется процесс ОМД, при котором деформирование заготовки происходит во вращающихся секторах - штампах, расположенных на части окружности двух валков ковочных вальцев (рис. 3.6.).

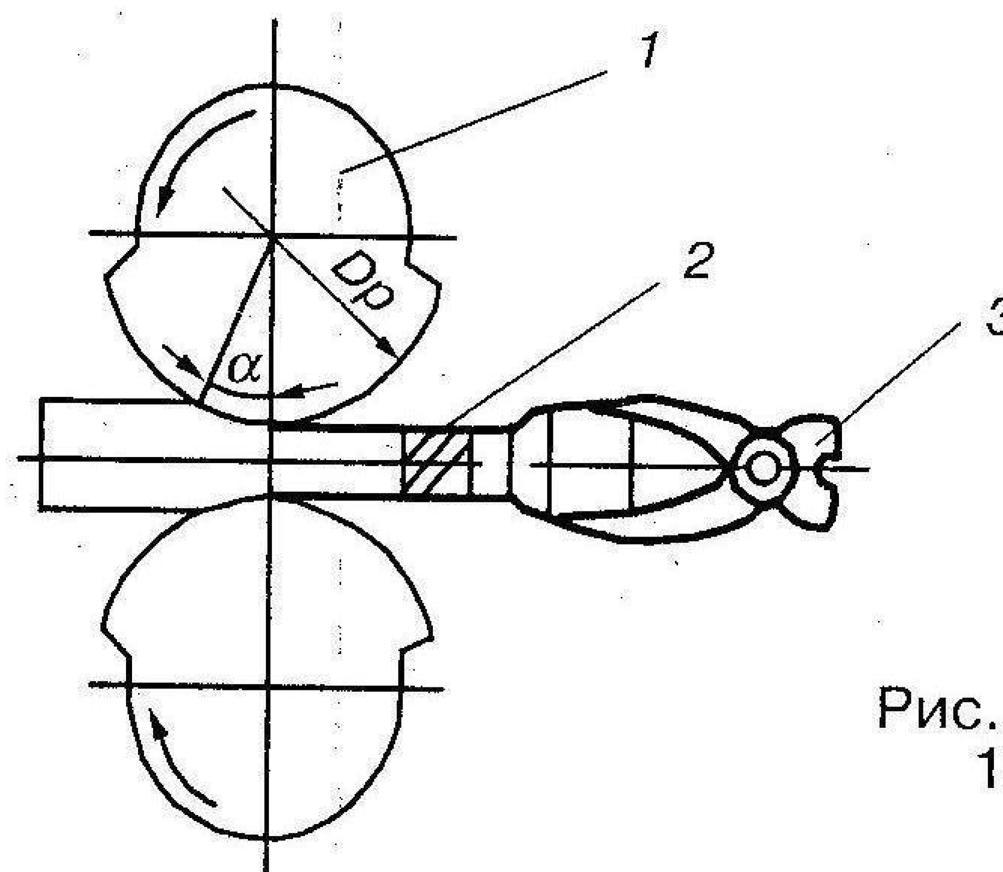


Рис. 3.6. Вальцовка на ковочных вальцах
1 - валок, 2 - заготовка, 3 - захват.

Вальцовка применяется для увеличения длины исходной заготовки за счет уменьшения площади ее поперечного сечения. Различают три вида вальцовки: штамповочную, формовочную и отделочную (холодную). Штамповочная вальцовка применяется для получения поковок с облоем на ковочных вальцах. В этом случае вальцовка используется в качестве самостоятельной операции изготовления поковок, не требующих последующего деформирования. Формовочная вальцовка практикуется в качестве заготовительной операции при молотовой и прессовой штамповке поковок переменного сечения взамен протяжки и подкатки. Здесь вальцовка используется для предварительного профилирования заготовок перед штамповкой на молоте, КГШП или ГКМ, т.е. специализированное оборудование работает в паре с универсальным. Отделочная вальцовка применяется в качестве калибрующей операции при получении профильных заготовок, причем последующая механическая обработка сводится только к шлифованию.

3.7. РАСКАТКА КОЛЕЦ НА КОЛЬЦЕ - РАСКАТНЫХ МАШИНАХ

Раскатка - одновременное увеличение наружного и внутреннего диаметров исходной кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенки. Последовательность раскатки схематично изображена на рис. 3.7.

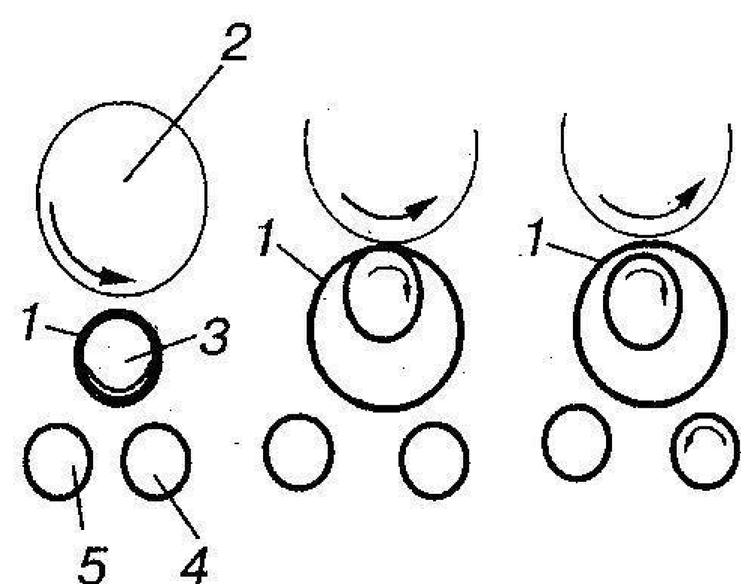


Рис. 3.7. Последовательность радиальной раскатки кольца:
1 - заготовка; ролики; 2 - нажимной,
3 - центральный, 4 - направляющий,
5 - контрольный

Применение раскатки повышает точность поковок типа колец за счет устранения их разностенности и овальности. Сочетание штамповки кольцевых заготовок на ГКМ с последующей раскаткой поковок позволяет получать кольца повышенной точности. Для раскатки используют кольцераскатные машины типа МГР-250.

3.8. НАКАТКА ЗУБЬЕВ, РЕЗЬБЫ, ШЛИЦЕВ, ЧЕРВЯКОВ

Накатку осуществляют путем изменения формы боковой поверхности исходной заготовки за счет копирования конфигурации поверхности рабочего инструмента (валков). Схема накатки приведена на рис. 3.8.

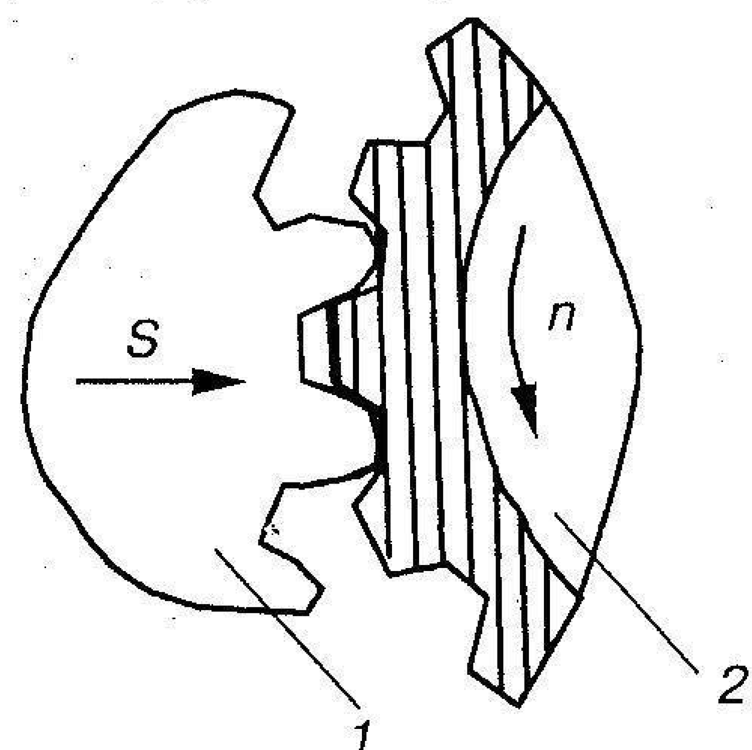


Рис. 3.8. Схема накатки:
1 - рабочий валок;
2 - исходная заготовка

В процессе вращения рабочий инструмент, сближаясь, вдавливается в заготовку, профилируя на ней необходимый контур поверхности. Таким образом образующаяся заготовка получает зеркальное отображение поверхности рабочего инструмента (валка). Накатку проводят в холодном и горячем состояних.

По сравнению с механической обработкой накатка позволяет в несколько раз сократить трудоемкость изготовления и повысить производительность труда. Поверхностный слой детали после накатки имеет наклеп и мелкозернистую структуру по всему профилю на глубину 0,5-0,6 мм. В результате прочность и износостойкость накатанных деталей выше, чем у фрезерованных: усталостная прочность на 15-20% выше, сопротивление изгибу на 20-40% больше. Стоимость накатанного инструмента ниже стоимости фрез и стойкость их выше стойкости последних. Кроме того, коэффициент использования материала (КИМ) повышается на 15-30%.

3.9. ТОРЦЕВАЯ РАСКАТКА

Сущность процесса состоит в воздействии на торец вращающейся кольцевой заготовки приводным валком цилиндрической или конической формы (рис. 3.9.)

В отличие от радиальной раскатки колец на кольцераскатных машинах, торцевую раскатку осуществляют в холодном состоянии, а также существует возможность получения деталей сложной конфигурации с развитыми фланцами тонкого сечения.

Торцевая раскатка обеспечивает более высокие технико-экономические показатели по сравнению с горячей радиальной раскаткой: высокая производительность и стойкость инструмента; лучшее качество поверхности, структуры материала и повышенные эксплуатационные характеристики деталей; высокий КИМ, простота механизации автоматизации процесса.

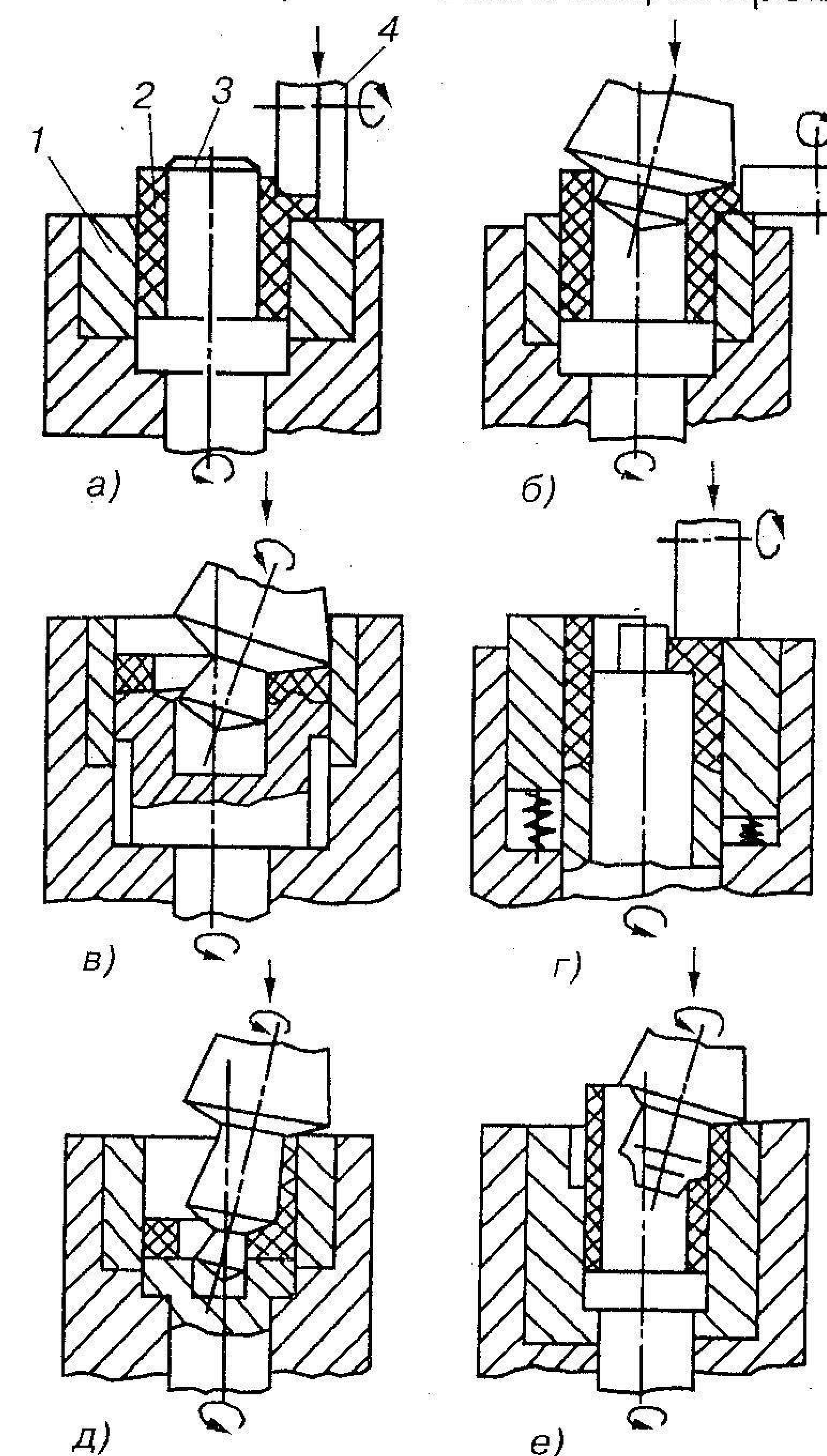


Рис. 3.9. Основные схемы торцевой раскатки:
а,б - раздача; в - осадка; г - обжим;
д - обратное выдавливание; е - формовка;
1- матрица, 2 - заготовка, 3 - оправка, 4 - инструмент

3.10. ФАСОННЫЕ ПРОФИЛИ

Конфигурация поперечного сечения профилей максимально приближена к форме сечения готовой детали или полностью соответствует ей. Формообразование ведут при горячем и холодном ведении процесса. При горячем ведении процесса точность соответствует 9 - 12 квалитетам, шероховатость поверхности R_z = 20-0,63мкм, а при холодном - соответственно 8 - 9 квалитетам R_a = 0,4 - 1,6мкм. После обезжиривания на такую поверхность можно наносить антифрикционные, антикоррозионные и другие покрытия.

Номенклатуру получаемого металлопродукта образуют горячепрессованные, холоднотянутые и холоднокатаные профили с различной площадью поперечного сечения (рис. 3.10.).

Группы сложности	Характерные профили
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Рис. 3.10. Номенклатура фасонных профилей.

В зависимости от конструктивных особенностей и размеров отдельных элементов поперечного сечения, все фасонные профили подразделяются на 9 групп сложности (см. рис. 3.10.). В свою очередь, каждая группа включает 10 подгрупп по размерам площади. Группы и подгруппы сложности характеризуются различной трудоемкостью производства профилей, числом переходов и технологических операций, расходным коэффициентом металла, маркой материала.

Фасонные профили изготовляют по следующим технологическим схемам: 1) горячее прессование - волочение на промежуточный размер; 2) горячая прокатка - волочение на промежуточный размер - волочение на конечный размер; 3) волочение на промежуточный размер - волочение на конечный размер; 4) горячее прессование - холодная прокатка на промежуточный размер - волочение на конечный размер; 5) горячая прокатка - холодная прокатка; 6) холодная прокатка на промежуточный размер - холодная прокатка на конечный размер; 7) горячая прокатка-холодная прокатка - волочение; 8) холодное прессование; 9) обработка резанием - накатка; 10) обработка резанием. Основным недостатком метода получения фасонных профилей является их высокая стоимость по сравнению с обычной продукцией.

3.11. ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВАЯ ПРОКАТКА

Сущность метода заключается в поперечной прокатке исходной заготовки между поступательно или вращательно перемещающимися друг относительно друга клиновыми инструментами, которые при внедрении в заготовку вызывают ее вращение (рис. 3.11).

В результате последующего обжатия и раскатывания металла наклонными гранями инструмента происходит уменьшение диаметра заготовки и увеличение ее длины. Клиновую прокатку целесообразно применять при изготовлении точных заготовок деталей машин и когда потери металла в стружку при токарной обработке составляют более 15%.

Метод позволяет в 8 - 10 раз повысить производительность труда по сравнению с механической обработкой точением на токарных автоматах, уменьшить расход металла до 30%, повысить КИМ до 0,8 и увеличить долговечность изделий на 15-20%.

При прокатке можно достичь уменьшения диаметра исходной заготовки в 4 - 5 раз и более.

Учитывая, что при клиновой прокатке точность изготовления на 3 - 5 квалитетов выше точности штамповки, табличные значения припуска можно уменьшать до 30%, как это практикуется при штамповке на КГШП. Величина припуска под шлифовку 0,5-0,8мм на диаметр. Шероховатость поверхности R_z = 10-40мкм при горячей клиновой прокатке и от R_z = 10-20мкм до R_a = 1,2-

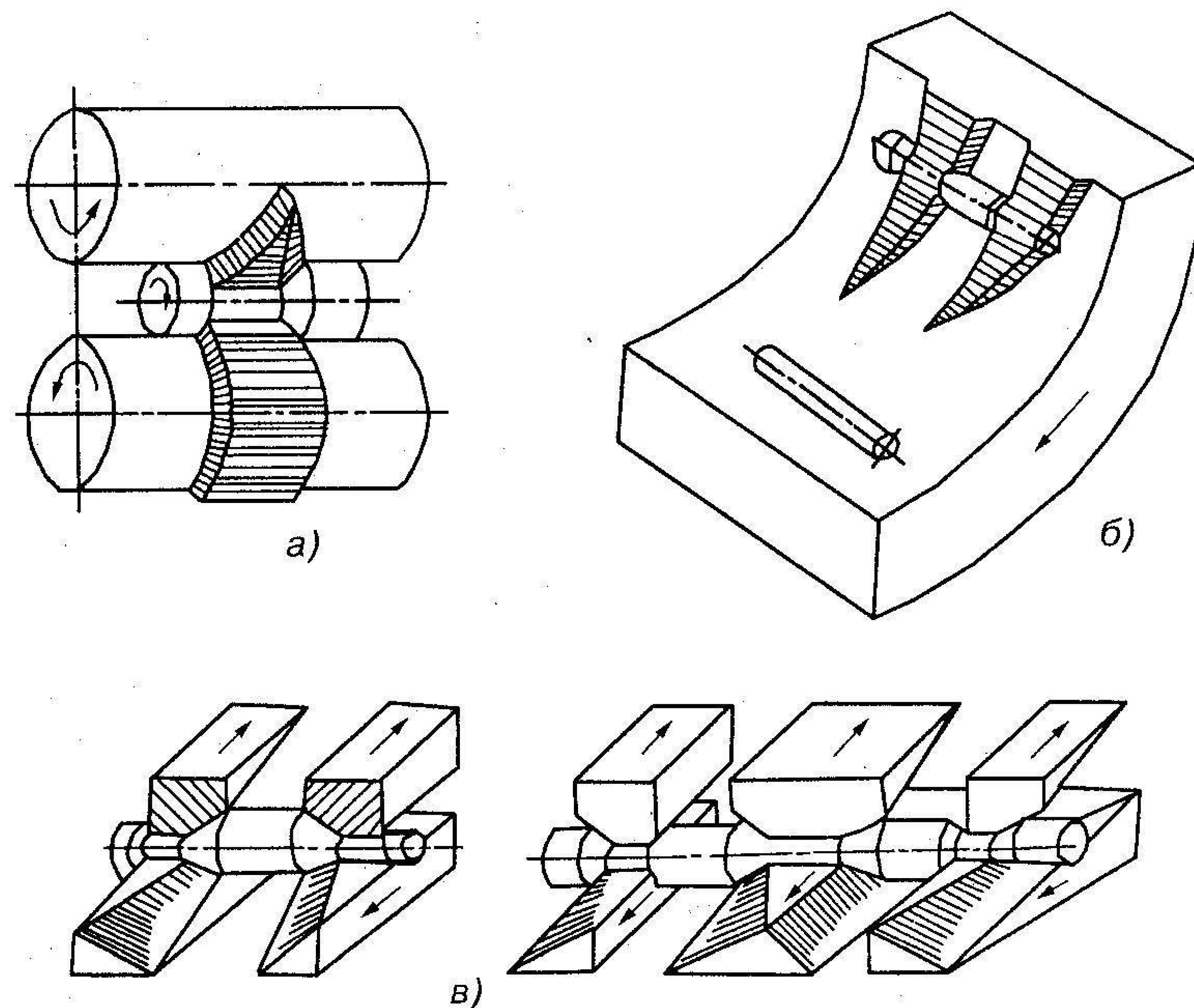


Рис. 3.11. Схемы процесса поперечно-клиновой прокатки с использованием различного инструмента: валкового *(а)*, валково-сегментного *(б)* и плоского *(в)*.

2,5мкм - при холодной. По торцам шероховатость поверхности соответствует R_z = 20-80мкм. Глубина дефектного слоя при горячей прокатке до 150мкм. Материал получаемых заготовок - углеродистые и легированные стали, а также цветные и жаропрочные сплавы. В качестве исходных заготовок используют сортовой прокат круглого, квадратного или шестигранного сечения, а при холодной прокатке небольших по размерам деталей - калиброванный прокат.

Недостатки метода: при определенных условиях в сплошной заготовке может происходить внутреннее осевое разрушение металла в виде вскрытия полости, что является неисправимым браком. К возможным наружным дефектам относятся закаты, следы от инструмента в виде спиралевидных гребешков, искажения формы прокатанных участков (конусность, овальность, бочкообразность, непрямолинейность), недокат или смятие кольцевого участка, торцевая утяжка и др.

3.12. ВИНТОВОЕ ОБЖАТИЕ С УПРОЧНЕНИЕМ МЕТАЛЛА

Сущность процесса состоит в деформировании нагретой до температуры аустенизации исходной заготовки тремя валками с одновременной закалкой металла (рис. 3.12.).

Отличие метода от традиционной схемы поперечно-винтовой прокатки - неприводные валки. Заготовка при обработке получает принудительное перемещение непосредственно от привода. Область применения - массовое и серийное производство упрочненных штучных заготовок и калиброванного сортового проката для изготовления средне - и тяжелонагруженных деталей машин.

Сочетание горячей прокатки с термомеханическим упрочнением (ТМУ) в режиме высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) дает ряд ценных преимуществ перед существующими технологиями.

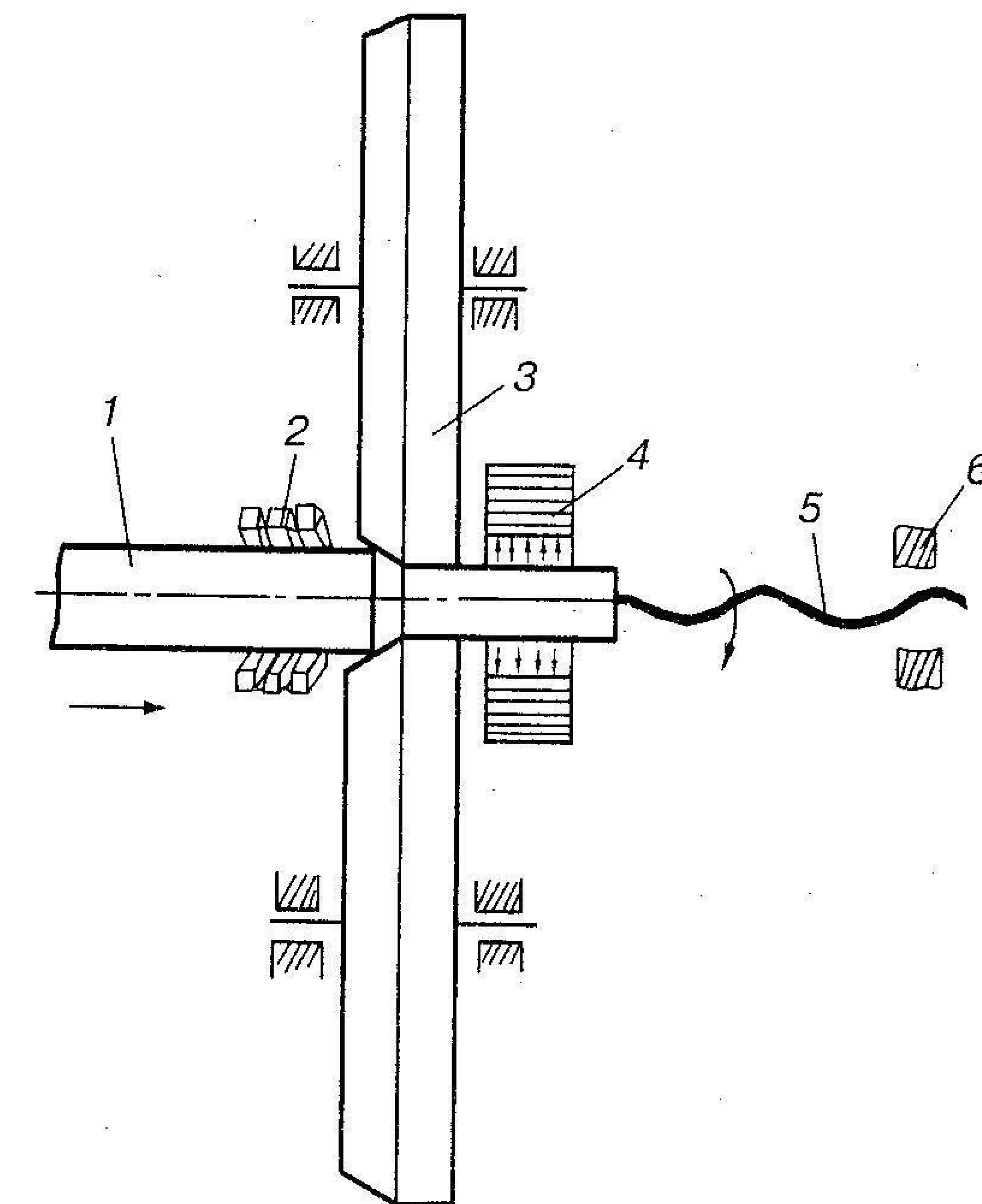


Рис. 3.12. Схема процесса винтового обжатия с высокотемпературной термомеханической обработкой:
1 - заготовка; 2 - индуктор; 3 - валки; 4 - спрейер;
5 - винт ходовой; 6 - привод

Новый комбинированный процесс снижает трудоемкость изготовления, повышает контактно-усталостную и конструктивную прочность материала, ударную выносливость и работоспособность деталей. Получаемые металлоизделия по своим служебно-эксплуатационным свойствам вообще не имеют аналогов в отечественном заготовительном производстве. После ВТМО детали, как правило, не подвергаются закалке и отпуску. По сравнению с обычной закалкой, ВТМО винтовым обжатием повышает: прочность на 20-25%, пластичность на 10%, удар-

ную вязкость на 25-35%, предел выносливости на 10-15% и срок службы в 5-6 раз. Получаемые заготовки имеют повышенные точностные характеристики. Получаемые изделия подвергаются только окончательным чистовым операциям (например, шлифованию, доводке). Способ также позволяет в 1,5-2,0 раза уменьшить величину обезуглероженного дефектного слоя, исправить такие погрешности исходной горячекатаной заготовки как овальность (уменьшается в 3-4 раза) и кривизна. Кроме того, появляется возможность замены материала детали на менее легированные и более дешевые марки сталей при одновременном увеличении всего комплекса прочностных характеристик.

ВТМО винтовым обжатием производят на специализированных горизонтальных (30ТМ) и вертикальных (10ТМ, 60ТМ) установках со степенью деформации 20-30%. Температура скоростного индукционного нагрева заготовок токами высокой (или промышленной) частоты 900-1000°С, давление охлаждающей жидкости спрейера - 0,2МПа. Основные данные установок приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Технические характеристики установок винтового обжатия с ВТМО

№ п/п	Модель установки / Характеристика	10ТМ	30ТМ	60ТМ
1.	Максимальный диаметр обрабатываемых заготовок, мм	25	40	100
2.	Максимальная длина заготовок, мм	500	800	2500
3.	Частота вращения заготовки, об/мин	10-100	15-185	0-100
4.	Скорость осевого перемещения заготовки, м/мин	0,1-1,0	0,1-0,7	0,1-1,0
5.	Мощность электродвигателя, кВт	4,5	11,5	15

Выбор оборудования производят по типу обрабатываемых заготовок. Для производства полуфабрикатов (калиброванный прокат сплошного и трубчатого сечений) целесообразно использовать конструкции с вращающимся валковым блоком. Штучные заготовки обрабатывают в стационарном деформирующем узле.

3.13. ВОЛОЧЕНИЕ С КОЛЕБАНИЕМ ИНСТРУМЕНТА

Сущность и особенность процесса заключаются в деформировании заготовок наклонно установленным приводным инструментом, совершающим пространственное колебательное движение (рис. 3.13).

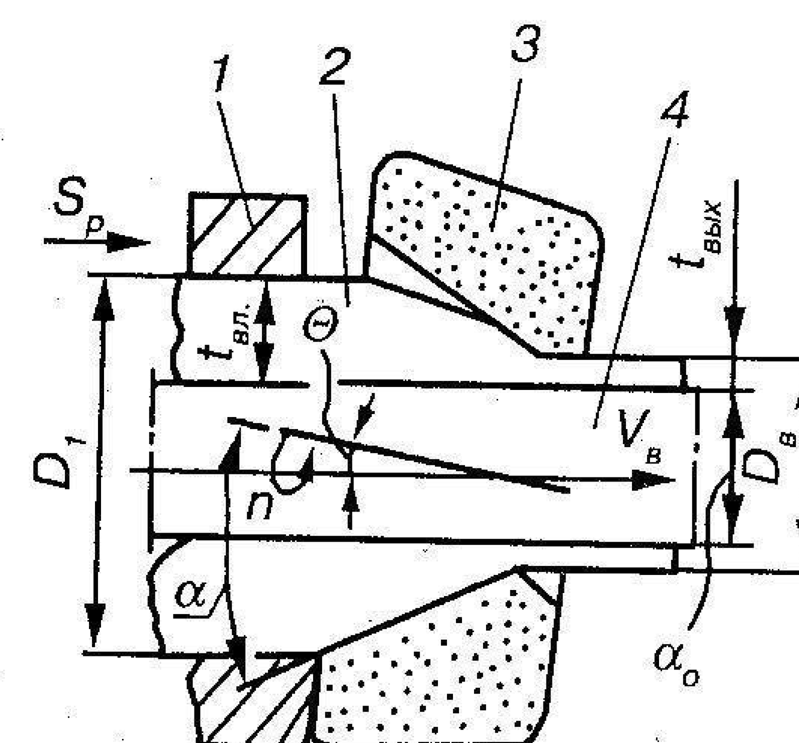


Рис. 3.13. Схема волочения с пространственными колебаниями инструмента: 1 - направляющая; 2 - заготовка; 3 - матрица; 4 - оправка

Ось инструмента матрицы описывает в пространстве поверхность кругового конуса, а центр колебаний, определяемый точкой пересечения осей инструмента и заготовки, сосредоточен в зоне очага деформации. Вращение инструмента вокруг своей оси отсутствует.

Достоинство метода состоит в расширении технологических возможностей обычного волочения. Сюда относятся снижение усилия деформации и повышение обжатия за переход. Это позволяет протягивать заготовки из труднодеформируемых, малопластичных марок сталей и сплавов. Обеспечивается и увеличение номенклатуры за счёт изготовления трубчатых деталей переменного вдоль оси сечения. Кроме того, повышаются показатели точности деталей. Разностенность деталей по сравнению с исходной уменьшается в 5-6 раз. Снижение уровней остаточных напряжений достигает 30%. Уменьшаются также овальность и непрямолинейность трубчатых деталей. Угол качания инструмента (Θ) равен 6-8°, угол α равен 10-15°.

Для волочения с колебаниями инструмента используются установки сфероводильного (СВПК) и кривошипного (КВПК) типов (табл.3.2).

В последнее время как разновидность процесса обработки металлов с колебаниями инструмента, является штамповка обкатыванием, которая может применяться для изготовления тонкостенных трубчатых деталей постоянного и переменного сечения.

Таблица 3.2

Технические характеристики установок

№ п/п	Модель установки / Характеристика	СВПК-50	КВПК-30	КВПК-40
1	Максимальный диаметр заготовки, мм	50	30	40
2	Максимальная длина заготовки, мм	500	700	1500
3	Частота колебаний инструмента цикл/с	8	7	2 — 6
4	Амплитуда колебаний, град.	5 — 8	2 — 10	2—14
5	Частота вращения вала двигателя, об/с	5	6	16 — 35
6	Мощность электродвигателя привода, квт	2,5	5,5	8,2

3.14. ЛИТЬЁ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Сущность метода состоит в том, что литые детали получают заливкой в форму, представляющую собой неразъёмную керамическую огнеупорную оболочку с тонкими негазотворными стенками (рис. 3.14).

Оболочку получают из жидких формовочных смесей многократным погружением разовой неразъёмной модели с последующей обсыпкой и отвердением. Затем модель удаляют из формы: выплавляют, растворяют или выжигают. Удаление остатков модельного состава и упрочнение полученной оболочки достигается высокотемпературным прокаливанием формы. Для улучшения заполнения тонких и сложных по конфигурации полостей формы перед заливкой их нагревают. Применение метода наиболее эффективно в массовом и серийном производствах мелких, сложных и ответственных деталей оружия.

Типовая технология литья по выплавляемым моделям включает следующие основные операции (рис. 3.14): изготовление разовой неразъемной модели как самой отливки, так и литниково-питающей системы; сборка этих моделей в единые блоки; приготовление суспензии из связующего и пылевидного огнеупорного наполнителя; формирование на модельных блоках огнеупорной оболочки; удаление моделей из оболочки без нарушения ее целостности; упрочнение оболочки прокаливанием. Модели получают из легкорасплавляющихся, сгорающих или растворяющихся материалов. В качестве легкоплавких (50-100°C) компонентов используют модельные составы на основе парафина, стеарина, церезина, воска и др. Для растворяемых моделей используют составы на основе карбамида, азотнокислых и других водорастворимых солей. Для выжигаемых моделей применяют полистирол, для испаряемых - сухой лед и другие материалы. На (рис. 3.14, *а*) показана отливка 1, пресс-форма 2 с модельным составом и полученная в ней выплавляемая модель 3. Модели отливок соединяют в один блок с моделью литниковой системы 4 (рис. 3.14, *б*). Для соединения моделей, полученных в одноместных пресс-формах, используют паяльники, а в многоместных звеньях из нескольких моделей их связывают друг с другом одной втулкой, насаживая при сборке модель литника и звенья моделей на металлический каркас. Оболочковую форму получают окунанием (рис. 3.14, *в*) модельного блока в огнеупорную суспензию - жидкий связующий раствор этилсиликата ЭТС (смесь эфиров кремниевых кислот) и тугоплавкий наполнитель (пылевидный кварц или электрокорунд) из расчета 2,4-2,7 и 2,6-3 кг на 1 кг связующего раствора. Учитывая дефицитность и дороговизну ЭТС, в качестве связующего огнеупорной суспензии иногда используют водный раствор жидкого стекла, кремнезоли, фосфаты, оксинитраты и др. После оку-

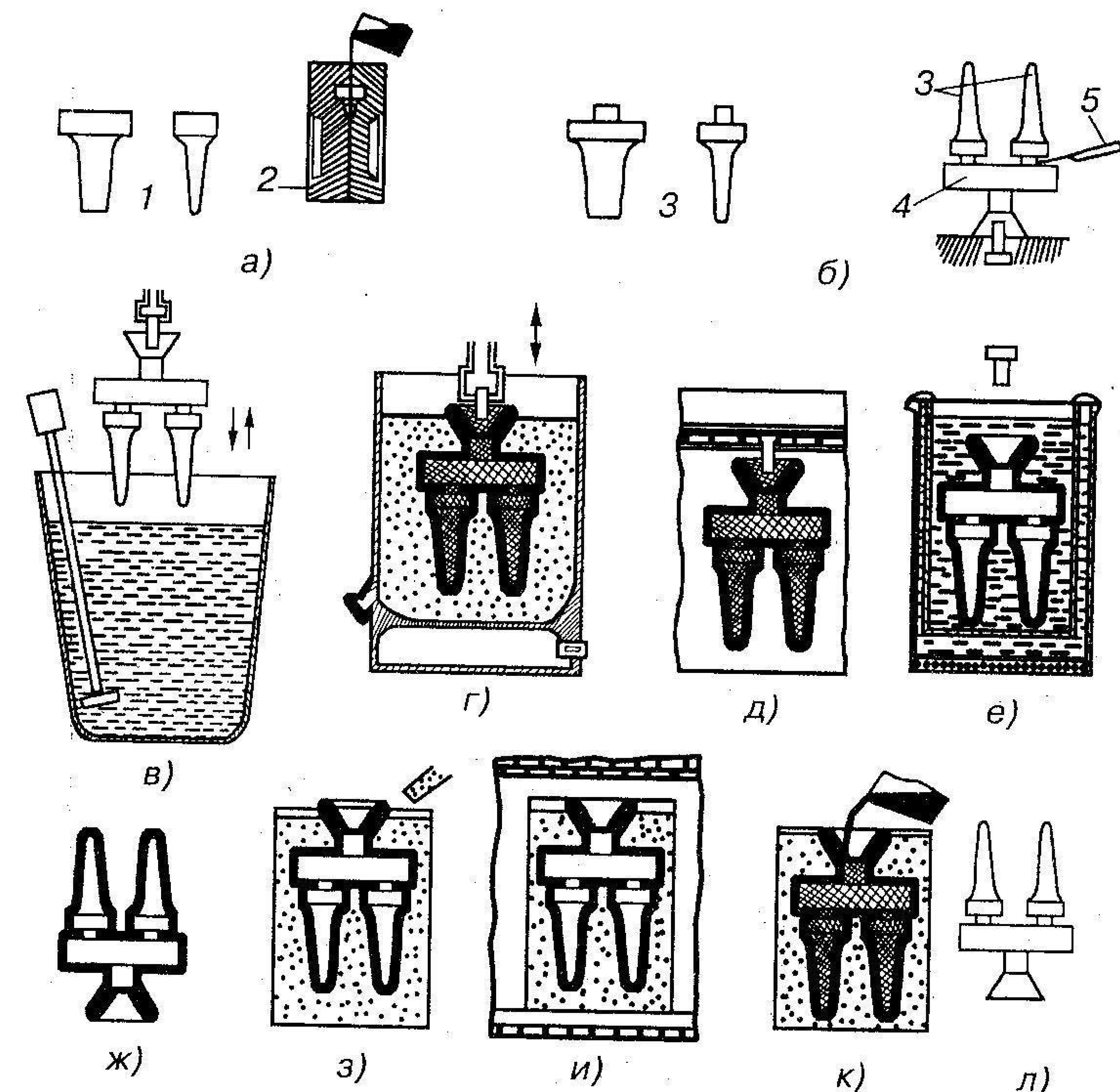


Рис. 3.14. Схема процесса изготовления отливок по выплавляемым моделям

нания модельный блок обсыпают песком в псевдосжижженом слое (рис. 3.14, *г*) или пескосыпе. Сформированное огнеупорное покрытие сушат на воздухе (рис. 2.14, *д*) или в парах аммиака. Аналогичным образом на блок последовательно наносят другие слои, причем первый слой обсыпают песком зернистостью 0,2-0,315 мм, а последующие - крупнозернистым песком. Получение оболочковой формы для мелких и средних отливок производят нанесением 4-6 слоев огнеупорного покрытия, а для крупных отливок - более 12-ти слоев. После сушки последнего слоя модель выплавляют в горячей воде или расплаве модельной массы (рис. 3.14, *е*). Полученную оболочковую форму подсушивают на воздухе (рис. 3.14, *ж*), засыпают в опоке опорным наполнителем - кварцевым песком (рис. 3.14, *з*) и обжигают в печи при 800-1100°С (рис. 3.14, *и*) для упрочнения оболочки, а также удаления влаги, остатков модельной массы, продуктов неполного гидролиза. В условиях массового производства заформовку оболочки горячим опорным наполнителем производят после предварительного обжига оболочки. Сравнительно толстостенные оболочковые формы заливают без опорного наполнителя. Перед заливкой металла (рис. 3.14, *к*) формы подогревают до 800-900°С при изготовлении отливок из стали и чугуна, 900-1100°С - сплавов на основе никеля, 600-700°С - меди; 200-250°С - алюминия и магния. Затем формы охлаждают и выбивают отливки на решетках, при этом опорный наполнитель просыпается через решетку. Освободившийся блок отливок (рис. 3.14, *л*) подвергают предварительной очистке (на вибрационных установках), совмещаемой при номенклатуре мелких отливок с отделением литников (по месту пережима питателя). У крупных отливок отделение литников производят на металлорежущих станках, прессах и резкой (газопламенной и анодно-механической). Окончательное удаление остатков керамической смеси осуществляют галтовкой, дробеструйной, дробеметной, вибрационной и электрохимической обработкой. Широко используют химическую очистку в расплавах щелочей при 500°С или в 45 - 55%-ном водном растворе NaOH или KOH, подогретых до 150°С. После выщелачивания отливки промывают в горячей воде, пассивируют в водном растворе соды и сушат. В ряде случаев применяют электрофоретический способ получения огнеупорного оболочкового слоя на выплавляемой модели.

К преимуществам метода относятся выполнение повышенных требований по точности размеров и качеству поверхности деталей уже в литом состоянии (без механической обработки), возможность изготовления практически из любых сплавов сложных тонкостенных отливок с минимальными припусками. Высокая точность размеров и массы отливок достигается за счет отсутствия разъема формы, а качественная поверхность - благодаря формированию керамической оболочки из мелкозернистого огнеупорного наполнителя. Негазотворность оболочек после отжига исключает образование в отливках газовых раковин. Применение выплавляемой модели, которая может быть составлена из отдельных частей путем пайки или склеивания, позволяет получать литьем сложные детали цельной конструкции, которые не представляется возможным изготовить никакими другими методами. Получение деталей из точных отливок намного эффективнее, чем у поковок: расход металла снижается на 55-75%, трудоемкость механической обработки сокращается на 50-60%, а себестоимость уменьшается на 20%. Наряду с преимуществами метод имеет следующие недостатки: из-за многооперационности процесса изготовления форм литье по выплавляемым моделям характеризуется наиболее длительным и трудоемким циклом изготовления отливок среди всех способов литья, поэтому себестоимость 1т отливок здесь в 3-10 раз выше, чем при литье в песчано-глинистые формы; большая номенклатура материалов, идущих на изготовление форм и повышенный расход металла на литники; снижение механических свойств отливок и более глубокий обезуглероженный слой из-за повышенной температуры заливки и применение предварительно нагретых форм; у отливок из титановых сплавов наблюдается повышенная твердость поверхностного слоя, толщина которого лежит в пределах 0,2-2 мм.

В комплектах для литья по выплавляемым моделям используется следующее оборудование. Для приготовления модельного сплава и подачи его к автоматам изготовления моделей используют установки 651 и 652А производительностью 63 и 500 л/ч при выпуске отливок 500-2000 т/год. Для изготовления моделей и модельных звеньев в пресс-формах применяют в крупносерийном и массовом производстве автомат 653 производительностью 150 запрессовок/ч (отливок 1000-2000 т/год); в мелкосерийном и серийном производстве - установку 6А54 с производительностью 125 запрессовок/ч (отливок 500-2000 т/год). Для приготовления модельной пасты и ее запрессовки в пресс-формы в мелкосерийном и серийном производстве используют шприц-машину 659А с объемом запрессовки 4л и производительностью до 250 запрессовок/ч (отливок 125-250 т/год). Для приготовления огнеупорного покрытия (суспензии) на смеси жидких и пылевидных компонентов в мелкосерийном и серийном производстве отливок применяют установку 661 с объемом загрузки 0,063 м^3 (отливок 125-1000 т/год).

3.15. ДЕФЕКТЫ ПОКОВОК И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Различают виды брака поковок по исходному металлу и исходным заготовкам, по нагреву и термообработке, по ковке или штамповке, по очистке и т.д. По исходному металлу эти риски

(мелкие открытые царапины глубиной 0,2-0,5 мм), волосовины (тонкие мелкие трещины глубиной 0,5-1,5мм), закаты, плены (отстающие слои металла), флокены (очень мелкие трещины), продольные и поперечные трещины, следы усадочных пороков в виде шлаковых включений и рыхлости, несоответствие марки и химического состава. По исходным заготовкам к браку приводит грубый срез или скол, заусенец, торцевые трещины, несоответствие размеров или массы заготовок. По нагреву брак появляется из-за перегрева, пережога и окалинообразования. При термообработке причиной брака является несоответствие механических свойств, неравномерность твердости и появление закалочных трещин. При очистке брак представлен остатками окалины, перетравкой, рябиной, забитыми кромками и углами. При ковке и штамповке к браку приводят отклонения размеров, забоины от механических повреждений и всевозможные искажения формы, так же как недоштамповка, смещение профиля, незаполнение формы, зажимы и складки, вмятины от окалины глубиной до 3 мм, остатки заусенца, кривизна и несоответствие макроструктуры.

Дефекты в виде рисок, волосовин, забоин, остатков облоя, отклонений форм и размеров и т.п. относятся к внешним дефектам. К внутренним дефектам металла, которые имеют металлургическое происхождение, относятся флокены, получающиеся от чрезмерно высокого давления растворенного в металле водорода и выделившегося при остывании; шлаковые включения, попадающие в сталь при ее плавке и разливке, и расслоения - остатки усадочной раковины и рыхлости слитка. Устранить внутренние дефекты металла не представляется возможным. Лишь флокены могут быть уничтожены в результате пластического деформирования и последующей термообработки по специальным режимам. Неисправимым браком также является пережог, расслоения, закалочные и торцевые трещины и значительное заполнение формы.

Подавляющее большинство поковок в процессе штамповки, обрезки облоя и прошивки перемычек в той или иной степени искривляются и скручиваются. Они искривляются и коробятся также при охлаждении и термообработке. В результате изменения формы поковки величина припуска на механическую обработку становится неравномерной: с одной стороны поковки припуски увеличиваются, а с другой - уменьшаются. Если припуск при значительном искривлении поковки оказывается меньше требуемого техническими условиями, поковка бракуется. Допустимые кривизна, прогиб и угол скручивания указываются на чертеже поковки. В ряде случаев целесообразнее не предупреждать искривление поковок, а править их. Остатки заусенца, волосовины, закаты и зажимы удаляют заточкой или вырубкой. Незначительное незаполнение формы, вмятины, недоштамповку и сдвиги по разъему исправляют

перештамповкой. Перегрев и неравномерность твердости устраняют повторной термообработкой.

Штампованные поковки подвергают контролю на всех этапах их изготовления, проверяя геометрические размеры, механическую прочность и наличие дефектов. Контроль механической прочности сводится к выполнению комплекса испытаний - химических, металлографических, механических, магнитных и др. Одновременно выявляют всевозможные дефекты, используя неразрушающие методы контроля - магнитный и люминесцентный для обнаружения поверхностных дефектов, ультразвуковой и рентгеновский - для выявления внутренних дефектов. С целью проведения металлографического анализа и механических испытаний из партии поковок отбирают 2-5 штук. После термообработки контролируют твердость поковки по Бринелю или с использованием прибора Польди. Химический состав металла проверяют лабораторным путем с помощью стилоскопов и спектроскопов. Для комплексной оценки химического состава, твердости, структурного состояния, внутренних напряжений, наличия дефектов и контроля размеров сечений используют метод вихревых токов.

Проверку размеров поковок проводят универсальным и специальным измерительными инструментами, используют и контрольные приспособления, такие как шаблоны, скобы, высотомеры и т.д. В соответствии с принципом единства баз, при измерениях поковка должна занимать одинаковое с механической обработкой положение. При этом поковки могут базироваться на плоскости, на опорах, на призмах или центрируются в призмах, центрах и трехкулачковых патронах. В крупносерийном и массовом производстве такое базирование используют для разметки первых отштампованных поковок, а для межоперационного и окончательного контроля используют шаблоны, предельные скобы и т д. В контрольных приспособлениях широко используют предельный щуп для измерения зазоров между контуром поковки и контрольной плитой, глубиномеры, индикаторы для измерения биений и припусков на сферических и криволинейных поверхностях и т.д.

3.16. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК

Дефекты отливок (наружные, внутренние исправимые, или нет) согласно ГОСТ 19200-80, подразделяют: а) по несоответствию геометрии (недолив, перекос, разностенность, коробление); б) по нарушению сплошности металла (трещины, газовая пористость, усадочные и песчаные раковины); в) по несоответствию металла требуемой структуре (отбел, ликвации); г) по наличию включений (металлических, неметаллических).

К дефектам поверхности относятся шероховатость, пригар, поверхностное окисление, утяжины (ужимины). Визуально они различимы в виде очень грубой поверхности, сквозных или поверхностных щелей, канавок или впадин на плоскостях, а также на предусмотренных чертежом различных ребер, выступов или приливов, которые образованы прослойкой формовочного материала и прикрыты слоем металла. Основной причиной возникновения такого рода дефектов служит несоблюдение технологии приготовления формовочных и стержневых смесей и форм из них. Еще названные дефекты могут появиться по причине низкой температуры расплава и недостаточной скорости заливки форм.

К дефектам размеров, формы и массы относится недолив, сдвиг, разностенность, коробление, вылом, подутость и др. По существу, это самопроизвольные формообразования на отливке. Они получаются в результате искажения геометрии модельного комплекта, формы и стержня. Другие причины - понижение жидкотекучести сплава, недостаточный напор и малая порция расплава, его утечка из формы, а также затрудненная усадка отливки.

К дефектам тела отливок относятся трещины (холодные, горячие) и раковины: газовые, песчаные, усадочные, шлаковые. Источником их появления являются нетехнологичность конструкции отливки, недостаточная податливость стержней, нарушение химического состава расплава, преждевременная выбивка отливок из формы, слабое питание охлаждаемых отливок, неравномерное и недостаточное уплотнение форм и стержней.

К дефектам материалов относятся нарушенные структура и химический состав, отклонение от механических или иных свойств. Это объясняется невыдержанным по сравнению с заданным содержанием химических элементов или отклонениями в сплаве величины, формы, строения или распределения структурных составляющих. Основная причина - ошибки в разработке и выполнении технологического процесса литья (нет холодильников, питающих бобышек, прибылей, нарушена шихтовка или технология плавки).

Крупные дефекты обычно неисправимы, и отливки после отбраковки поступают на переплавку. Если устранение дефектов технически осуществимо - при условии его экономической эффективности - отливки направляют на доработку. В практике наибольшее распространение получили такие способы исправления брака как правка, сварка, наплавка, пропитка и замазка.

Пространственные отклонения поверхностей литых деталей после их коробления устраняют правкой. С этой целью отдельные элементы отливки подвергаются пластическому деформированию до полного восстановления требуемой геометрии.

Поверхностные дефекты в виде трещин и раковин на тяжело нагруженных участках деталей устраняют сваркой. Дуговой сваркой без подогрева, с использованием стальных, медно-стальных и медно-никелевых электродов, заваривают дефекты чугунных отливок. Более эффективна сварка с подогревом отливок: чугунных до 550-700°С, алюминиевых и магниевых до 350-400°С. Подогрев предотвращает появление при сварке термических напряжений. В любом случае после сварки целесообразна операция отжига. При необходимости восстановления утраченной размерной точности и твердости необходима термомеханическая обработка. С помощью сварки с подогревом устраняются сквозные дефекты и неплотности стенок, работающих под давлением более 600 кПа. Сварка без подогрева служит для неответственных литых деталей, имеющих проникающие и глухие трещины в жестких сечениях.

Дефекты литых деталей, выявляемые после механической обработки, исправляют пайкой твердыми припоями Cu-Ni, Cu-Ag и др. Дефектный участок подогревают газовой горелкой или индукционным нагревателем до 300-400°С, тщательно удаляют бракованный участок, заваривают и затем накрывают асботканью для уменьшения скорости охлаждения. Область применения пайки - отдельно расположенные раковины небольших размеров, если они находятся на механически обрабатываемых поверхностях. Устранению также подвергаются раковины средних размеров у деталей несложной конфигурации.

Пропитка служит основным приемом заполнения и закупорки пор в каналах литых деталей перед их гидравлическими испытаниями. В качестве рабочей среды используют бакелитовый и асфальтовый лаки, натуральную олифу, соляной и аммиачный раствор, жидкое стекло, этилсиликат. Технология пропитки: очистка деталей от масла промывкой в тетрахлориде углерода и вакуумированием; пропитка в специальных баках при температуре 150-200°С под давлением 0,5-0,6 МПа в течение 0,5-1,5ч (при 250-3000 кПа - 8...10ч), сушка 40-48 ч при 18-20°С и 2-3 часа при 170 -180°С. Конкретные размеры пропитки зависят от толщины стенок, пропитывающей среды, размеров пор и свойств пропитывающего материала.

Поверхностные дефекты в виде, не влияющих на прочность мелких раковин у неответственных деталей устраняют замазками, мастиками и пастами. Кроме мелких несквозных раковин на нерабочих поверхностях и пор глубиной не более 1/3 толщины стенки, декоративному исправлению поддаются также ужимины. Последовательность операции следующая. Дефектный участок вырубают, обезжиривают уайт-спиритом или растворителем и подвергают сушке. Замазку, мастику или пасту наносят шпате-

лем. После отвердевания покрытия его зачищают, обдувают сжатым воздухом и грунтуют. Состав наполнителя - цемент, каменная мука, металлическая стружка; состав связующего - жидкое стекло, эпоксидная смола. Широко применяют пасту следующего состава: 35-48% жидкого стекла, 35-50% маршалита, 0-10% графита; порошок ПЖН или ПЖСМ 0-7%, шлак феррохромовый 5-7%.

4. ПРОИЗВОДСТВО СТВОЛЬНЫХ КОРОБОК

Ствольные коробки - наиболее сложные детали оружия как по конструкции, так и по технологии их изготовления (рис. 4.1.)

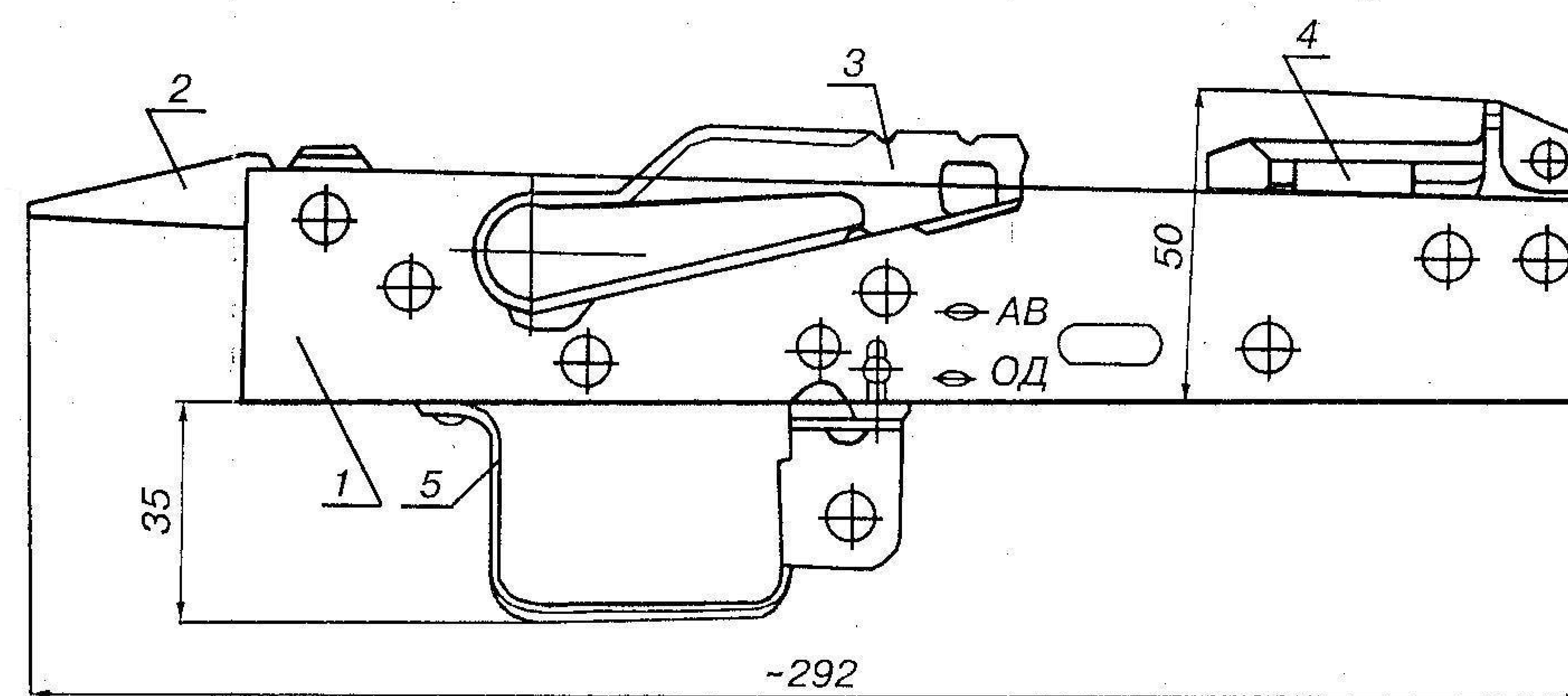


Рис. 4.1. Общий вид ствольной коробки в сборе:
1 - короб (основание), 2- затыльник, 3 - переводчик-предохранитель огня, 4 - вкладыш, 5 - скоба спускового крючка (предохранительная)

Ствольные коробки современного автоматического оружия служат для размещения и направления деталей подвижной системы и в процессе выстрела воспринимают давление пороховых газов, действующее через боевые упоры запирающего механизма на соответствующие выступы вкладыша. Кроме того, ствольные коробки испытывают ударные нагрузки со стороны подвижных частей в крайнем заднем и переднем положениях.

Поэтому ствольные коробки должны быть прочными, пластичными, вязкими, износостойкими и жесткими. Вместе с тем нали-

чие в ствольных коробках элементов соединения со стволом, пазов и окон для спускового механизма, механизма питания, для выбрасывания (экстракции) стреляной гильзы, для рукоятки перезаряжания и др. наряду с ослаблением конструкции усложняет ее, вследствие чего ствольные коробки изготовляют из высокопрочного материала, который в ходе технологического процесса подвергается термической обработке.

В системах с коротким ходом ствола, со свободным затвором, а также с поворотом затвора коробка, соединяющая ствол с затвором, не испытывает действия давления пороховых газов, а служит только для направления подвижных частей автоматики. Поэтому стремятся к такому оформлению деталей, чтобы получить их минимальную массу.

В настоящее время применяют штампованные, штампосварные и сборные штампоклепаносварные конструкции, имеющие свою специфику в построении технологических процессов их изготовления.

Конструкция сборной штампоклепаносварной коробки состоит из десятков деталей, основными из которых являются: короб (основание) - из листовых сталей типа 08кп, 10кп, 40, 45, 50, 40Х; вкладыш - из сталей 40Х, 40ХН, 40ХНМА; затыльник - из сталей 50, 40Х.

Детали ствольной коробки перед сборкой подвергаются термической обработке (закалке и отпуску) до твердости HRCэ 35-45. Ствольные коробки в сборе для снятия внутренних остаточных напряжений подвергаются только стабилизирующему отпуску в камерных электрических печах при температуре 180-200°С с последующим охлаждением на воздухе. По мере необходимости проводят ряд дополнительных правочных операций с целью устранения коробления.

Будучи соединенными со стволами, ствольные коробки должны обеспечить соосность ствола с деталями подвижной системы и прежде всего с деталями, несущими ударник с бойком, выбрасыватель и др.

Поэтому поверхность ствольной коробки, служащая для направления деталей подвижной системы, является основной сборочной базой ствольной коробки. В большинстве случаев она же используется и в качестве установочной базы в процессе механической обработки.

Обычно к ствольным коробкам предъявляются высокие требования по точности размеров, шероховатости поверхностей и взаимному расположению элементов. Многие размеры получают с точностью 8-10 квалитетов, а шероховатость поверхностей равна Ra=0,32-1, 25 мкм.

Ствольные коробки для большинства образцов оружия являются основой для монтажа почти всех деталей автоматики и механизмов оружия, и в целом они являются промежуточным звеном между стволом и прикладом.

Для обеспечения эксплуатационных характеристик все типовые детали оружия подвергаются расчету по методике, изложенной в работе [7], после чего выбираются необходимые материалы, осуществляется выбор заготовки и построение всего технологического процесса, обеспечивающего заданное качество выпускаемых изделий.

4.1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРОБОВ

Исходной заготовкой является холоднокатаный лист Б-ПВ-0-1,0 ГОСТ 19904-74/4-П-40 ГОСТ 16523-70 размером 1000 х 2000 мм. Могут быть использованы и другие сортамент и материалы, рассмотренные в п.2.2. Термическую обработку проводят в конце технологического процесса на твердость HRA 63-71 (HRCэ 37-42) до полирования рабочих поверхностей.

Раскрой листа на развертки заготовок под профилирование короба представлен на рис. 4.2.

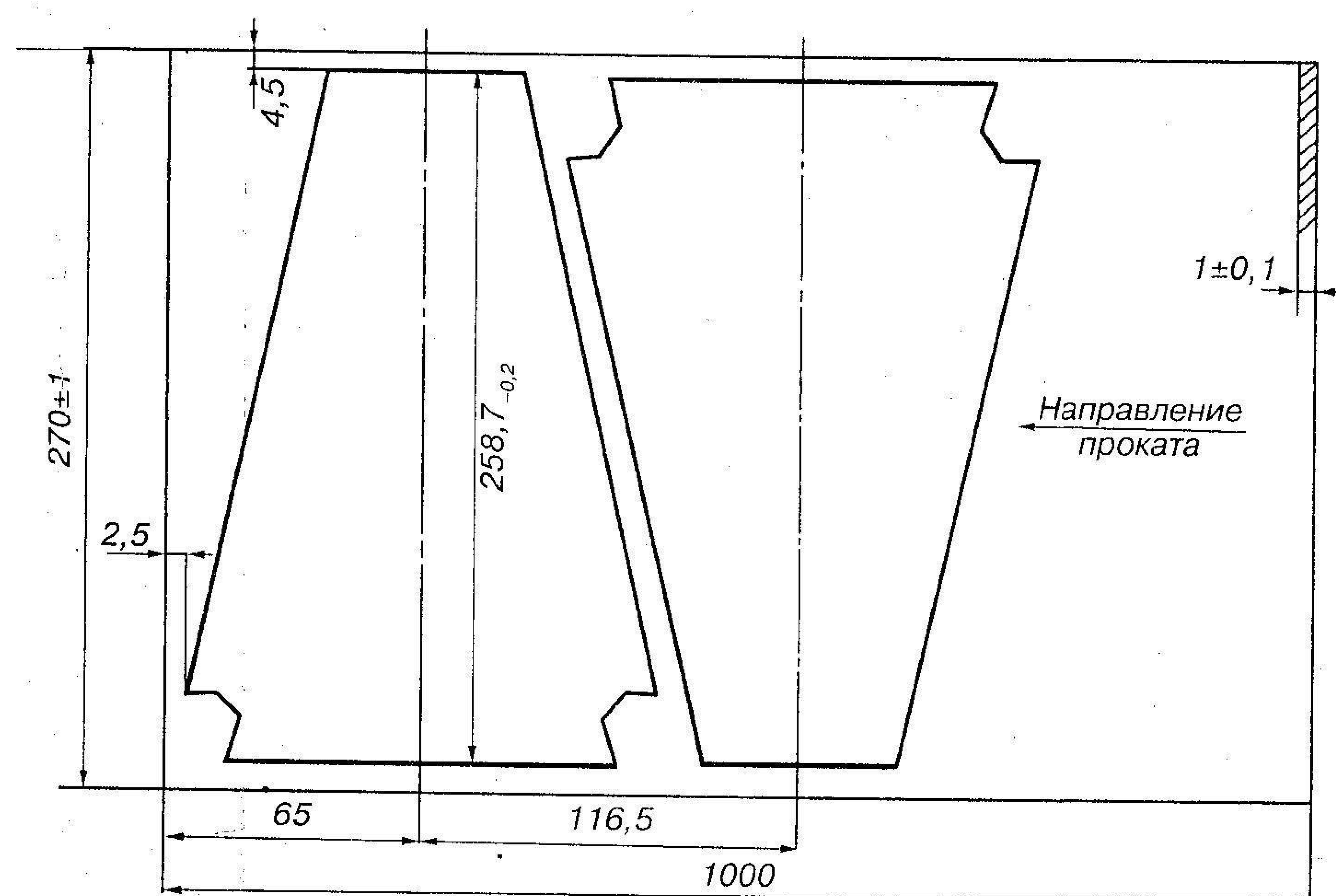


Рис. 4.2. Раскрой листа на развертки заготовок короба

Схемы технологического процесса изготовления короба по основным операциям приведены на рис. 4.3. - 4.11.

В основном преобладают операции по гибке, вырубке, пробивке на прессах с использованием специальных приспособлений-штампов и контрольно-измерительных калибров и прибо-

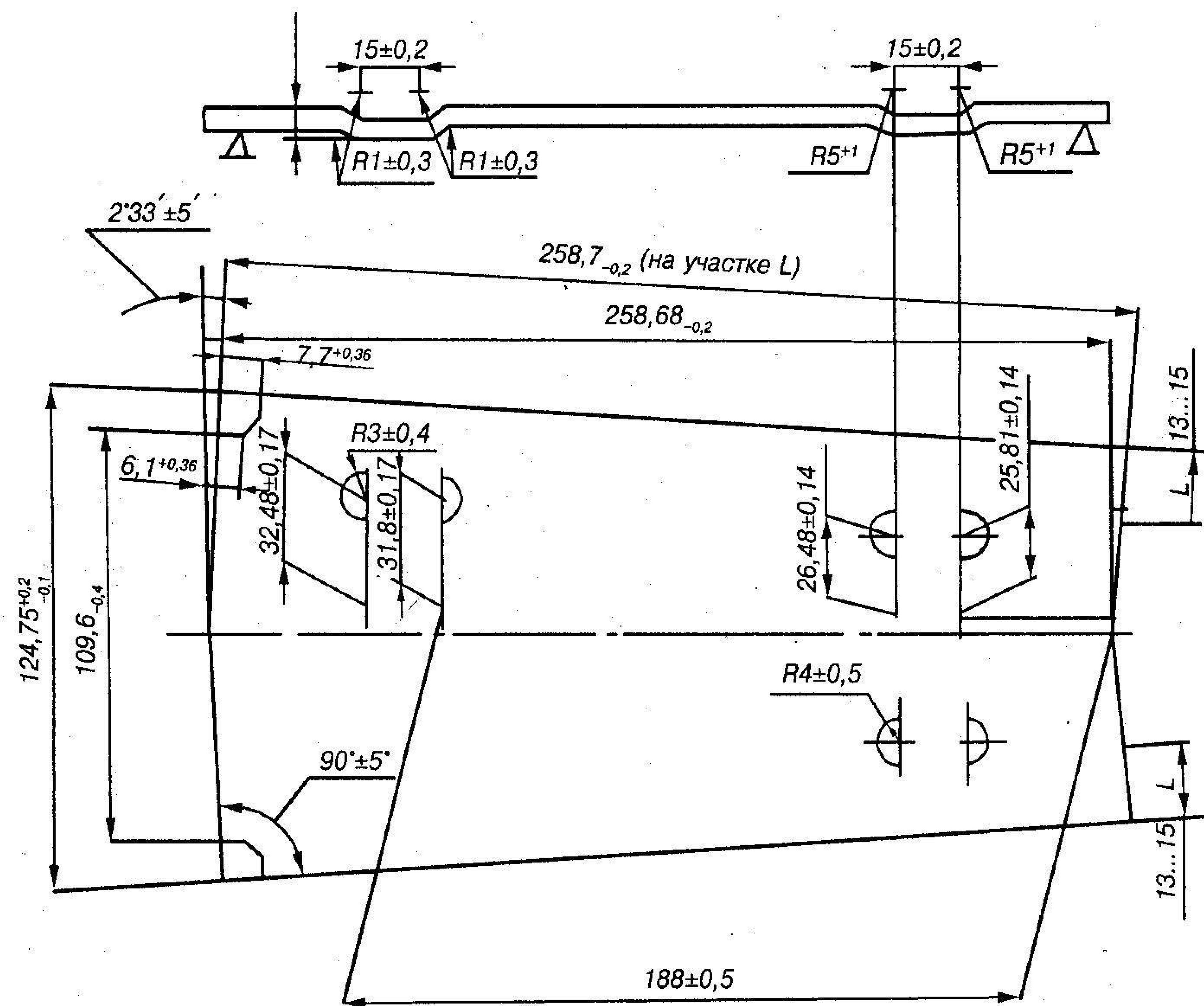


Рис. 4.3. Схема вырубки и рельефной штамповки профиля развертки короба на прессе К1128 с усилием 630 кН.

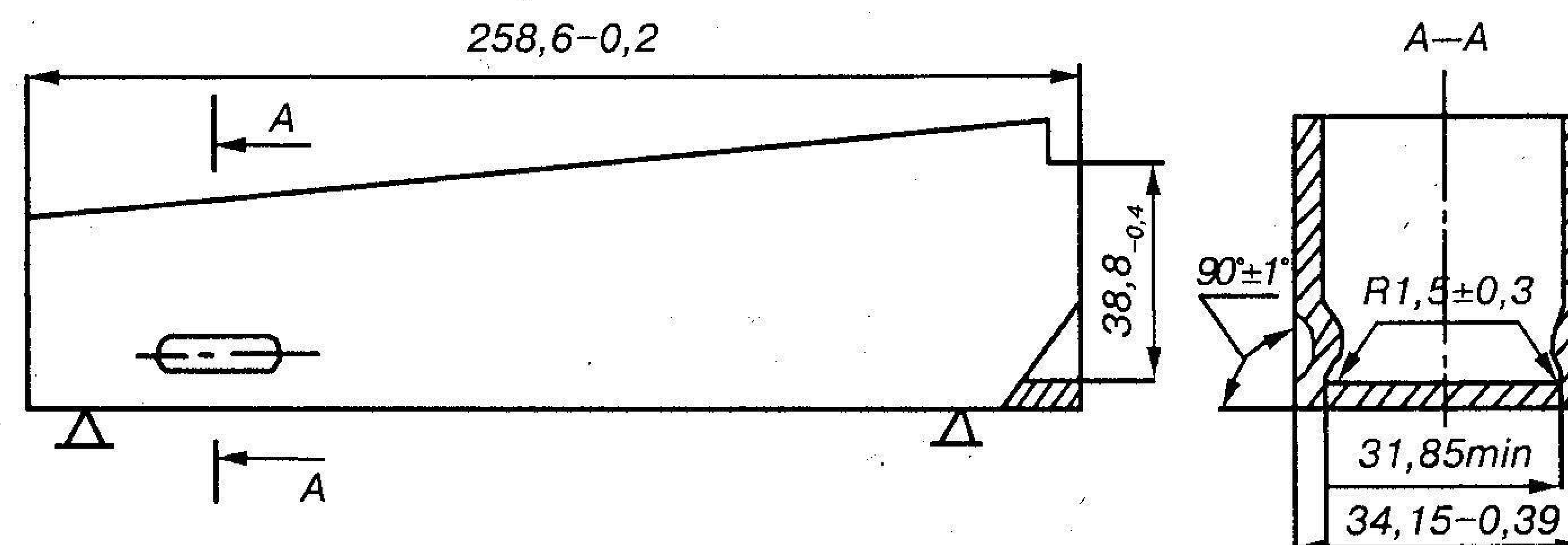


Рис. 4.4. Гибка боковины на прессе КВ235 с усилием 650 кН.

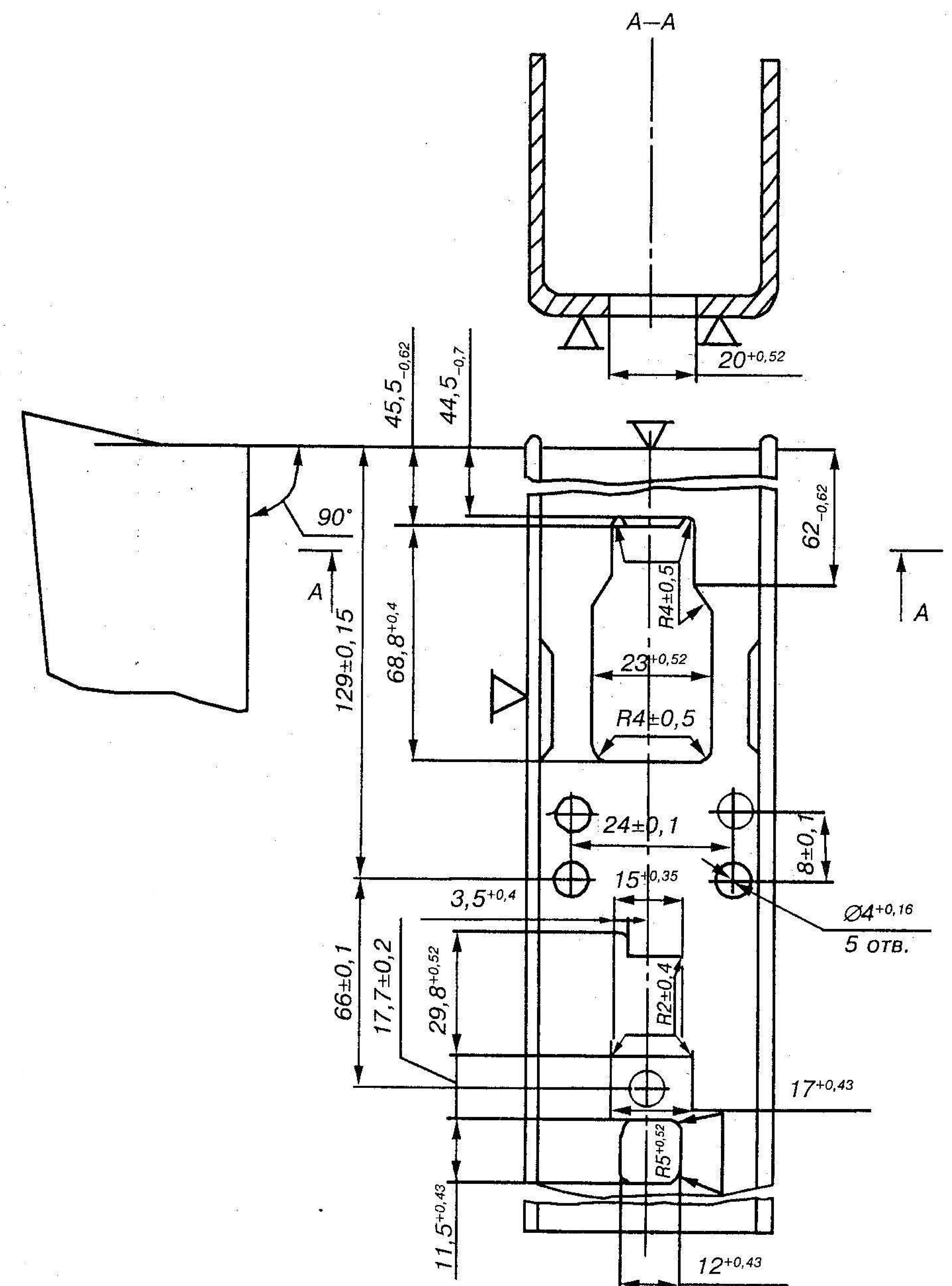


Рис. 4.5. Пробивка окон и отверстий на прессе КД2126Е с усилием 400 кН

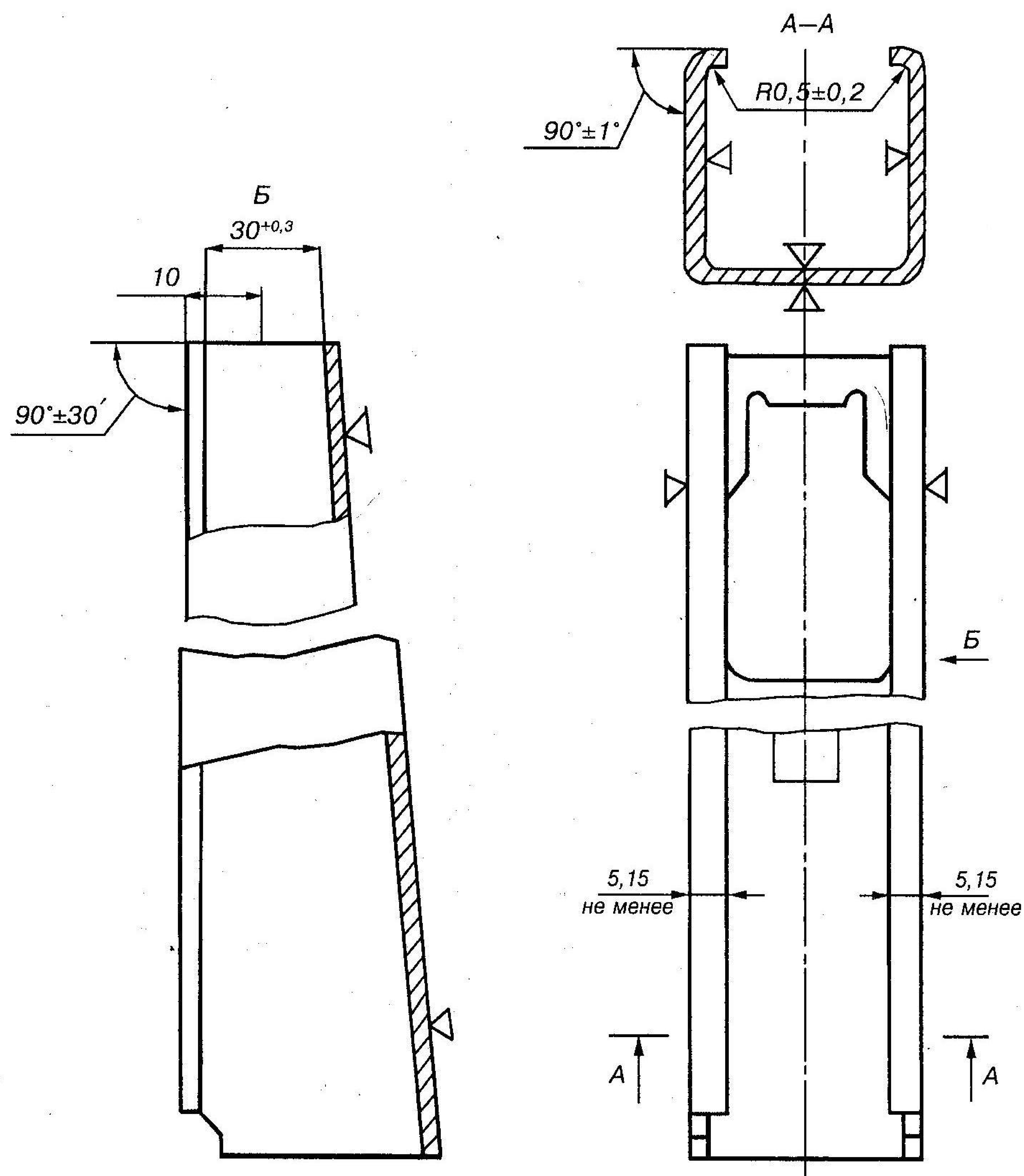


Рис. 4.6. Гибка направляющих на прессе К2130Б с усилием 1000 кН

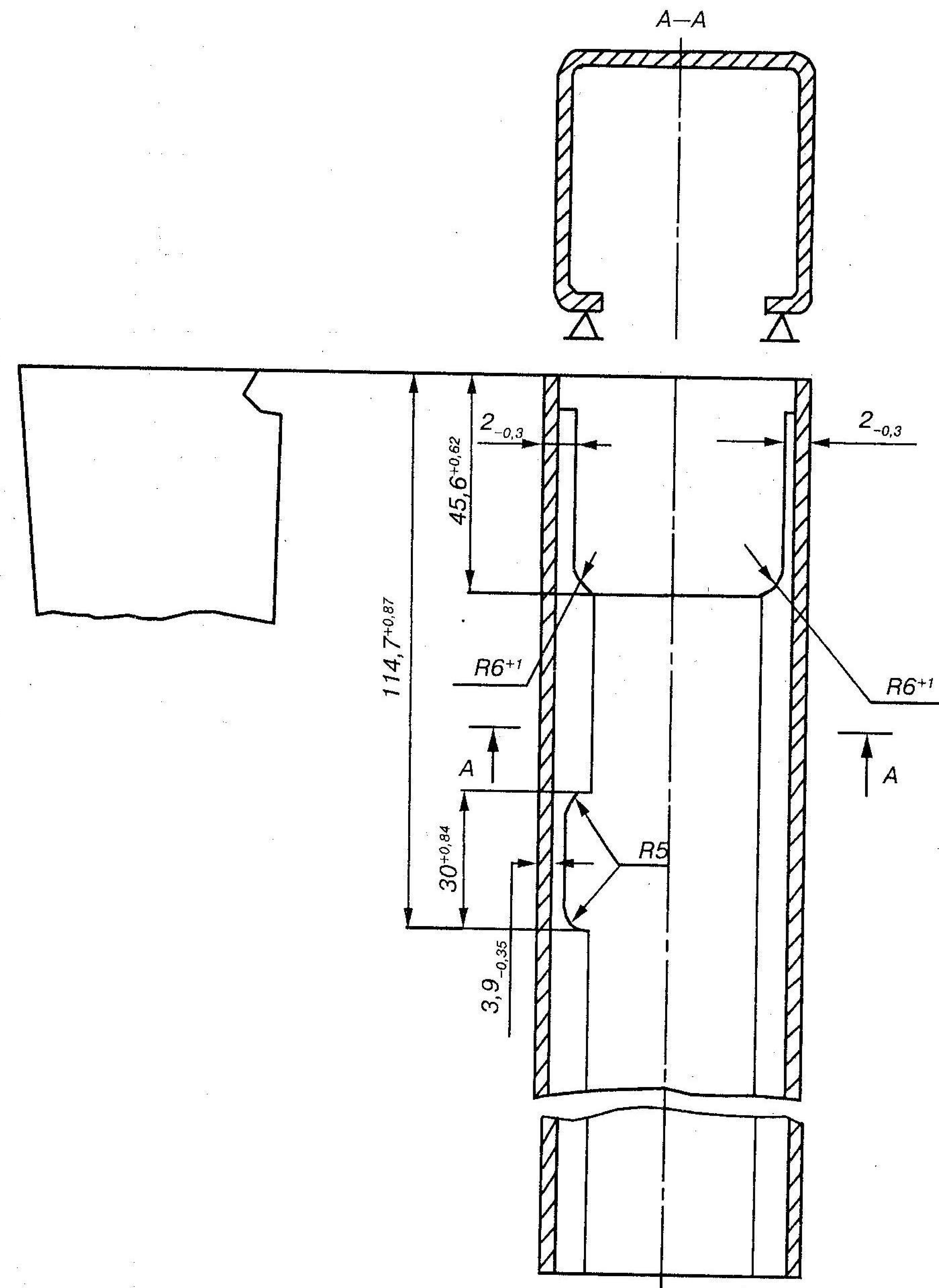


Рис. 4.7. Вырубка окна для захода рамы и затвора на прессе КВ235 с усилием 630 кН

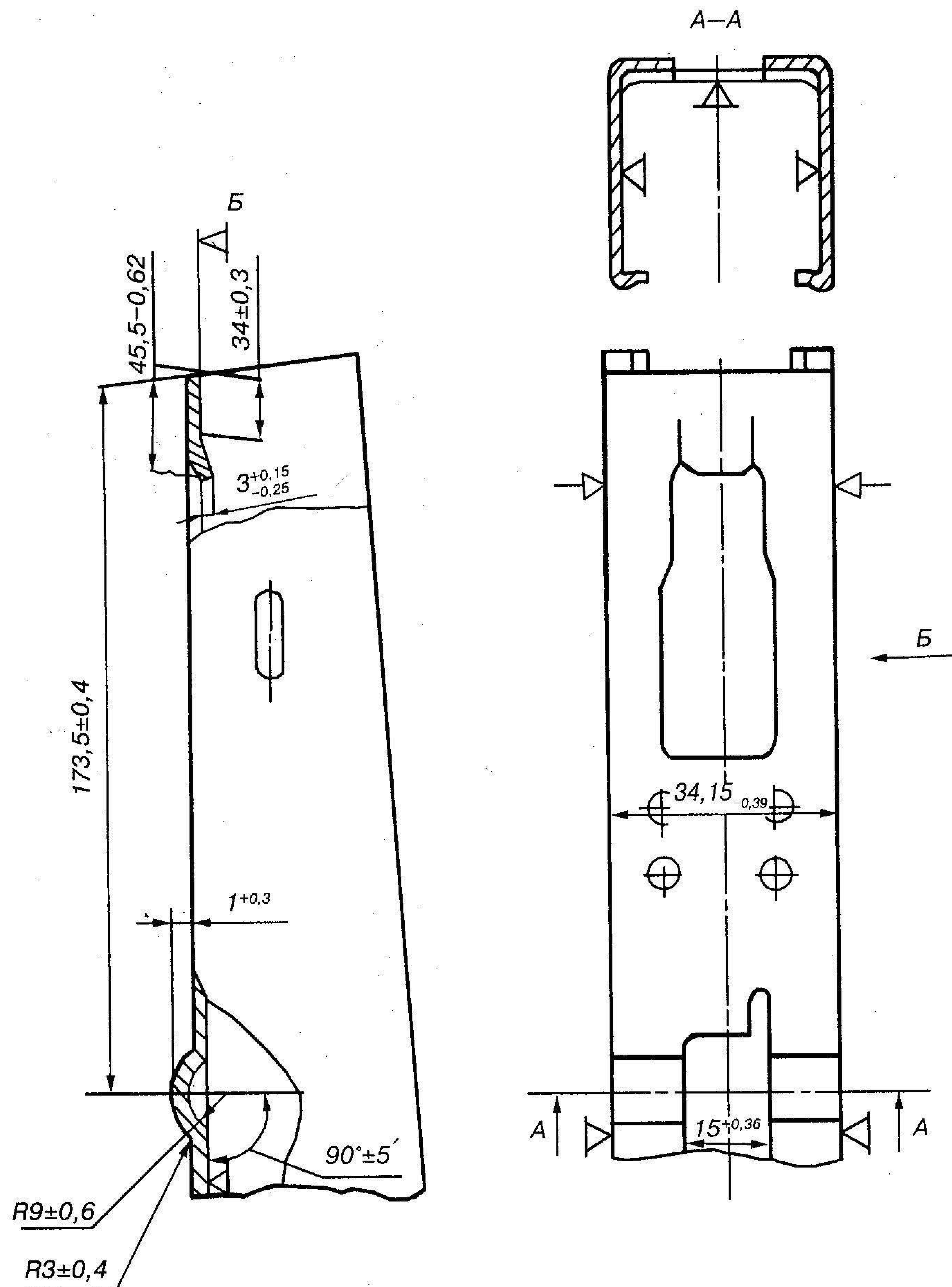


Рис. 4.8. Рельефная формовка выдавок на прессе КД2126 с усилием 400 кН

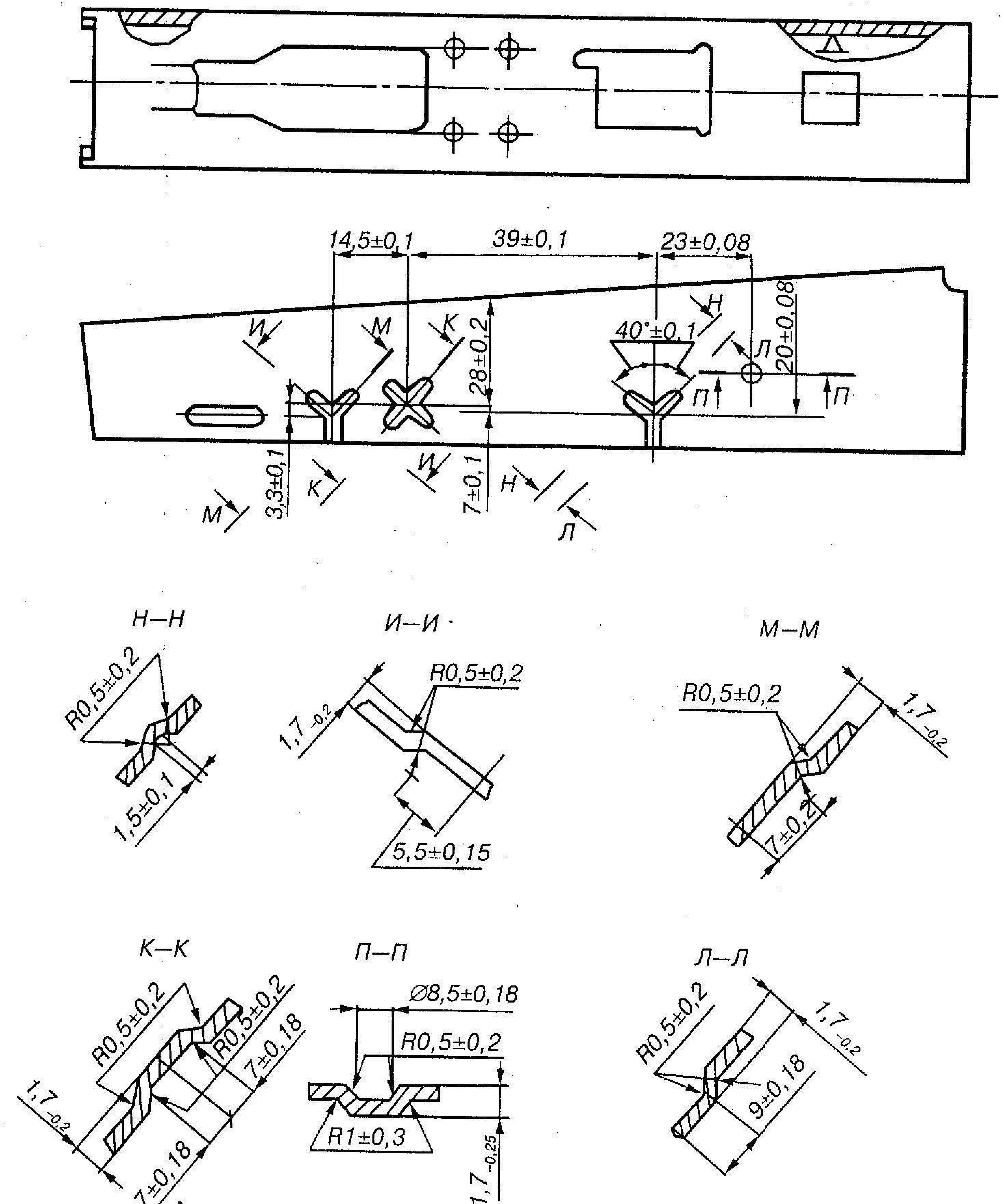


Рис. 4.9. Рельефная формовка крестовины и выдавок на прессе К2324 с усилием 260 кН

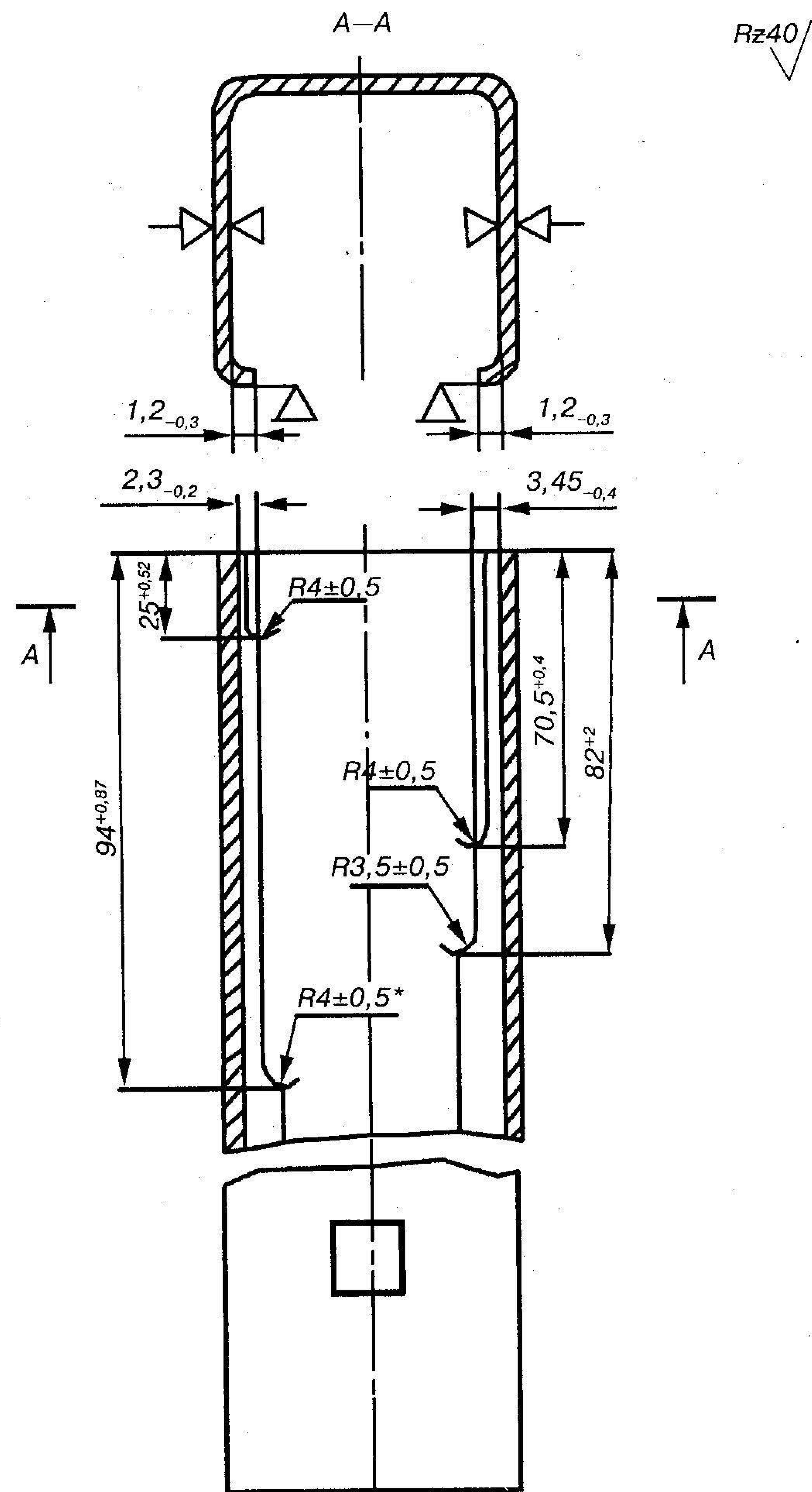


Рис. 4.10. Обрезка направляющих для вкладыша и понижения на прессе К2126Е с усилием 400 кН

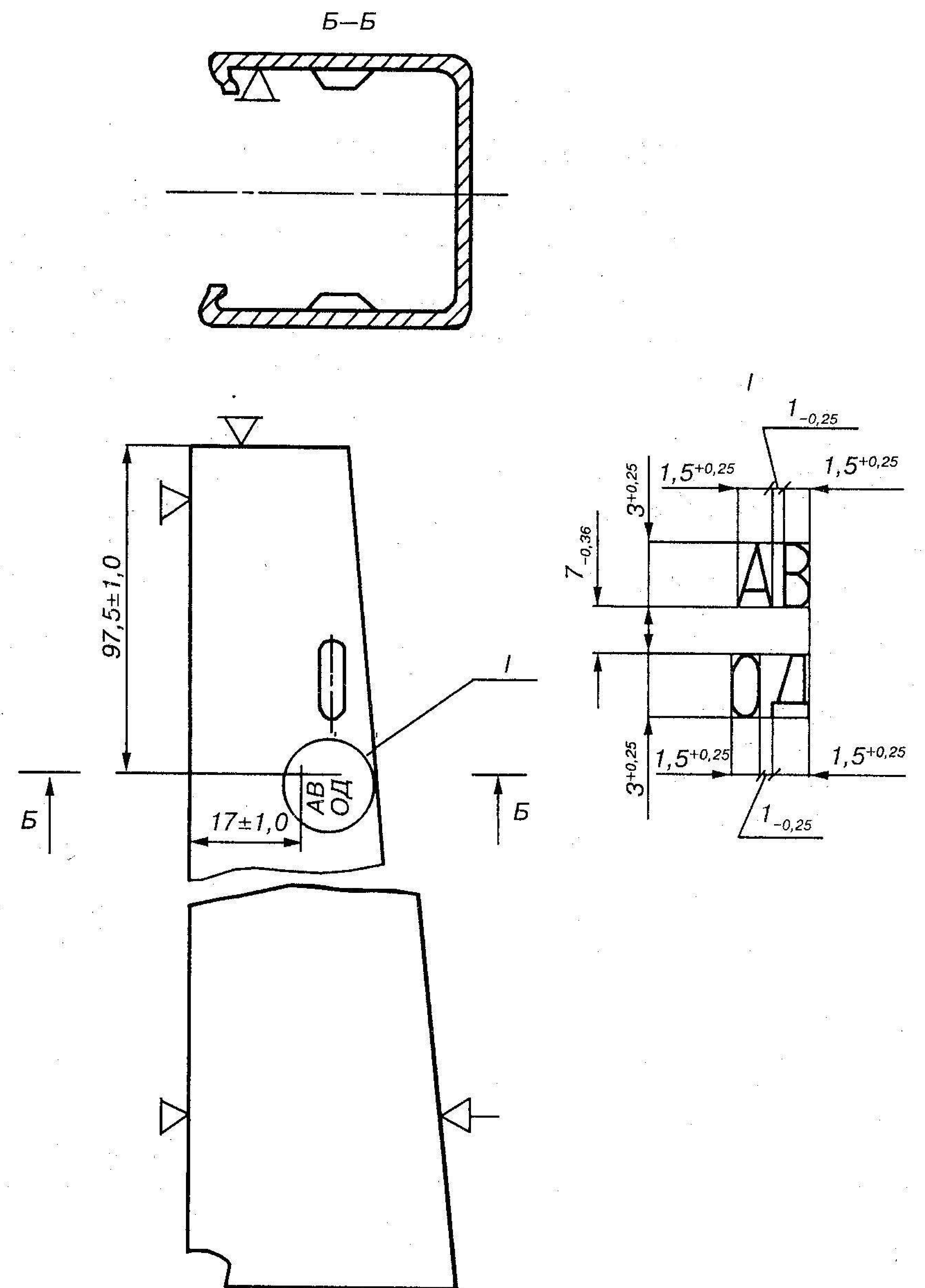


Рис. 4.11. Накатка буквенных знаков на горизонтально-фрезерном станке ВТ80

ров, а при накатке буквенных знаков «ОД» (одиночный режим огня) и «АВ» (автоматический) используются горизонтально-фрезерные станки или электрофизические методы обработки.

4.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВКЛАДЫШЕЙ

Вкладыш является основным связующим звеном между стволом и ствольной коробкой и является ответственной деталью, воспринимающей высокие динамические нагрузки через затвор. Наличие большого количества отверстий, пазов, выемок, скосов значительно усложняет конструкцию, а следовательно, и производство. Каждый элемент вкладыша выполняет вполне определенные функции:

- наружный контур обеспечивает точное взаимное расположение вкладыша относительно ствольной коробки;
- отверстие диаметром «d» для точного размещения ствола (см. рис. 4.23);
- гнездо под магазин обеспечивает надежное зацепление магазина;
- спираль для плотного прилегания боевых упоров вкладыша и затвора;
- направляющие пазы обеспечивают точный ход боевых выступов затвора.

Главную функцию выполняют боевые упоры (плечи отдачи), их количество можно уменьшить или увеличить, но три боевых упора обеспечивают надежное прочное запирание канала ствола и наиболее удобны в изготовлении. Сокращение количества функций, выполняемых вкладышем, приведет к появлению дополнительных деталей, что может усложнить конструкцию оружия.

Идеальной деталью для выполнения всех функций, выполняемых вкладышем, является цельнометаллическая ствольная коробка, что затруднено с точки зрения технологичности изделия и ее изготовления.

Изменение конструкции нерационально, а применение более дешевых материалов с учетом упрочнения и специальных покрытий приведет к некоторому увеличению стоимости изделия.

Термическая обработка детали проводится перед финишными методами обработки.

Функции вкладыша по эксплуатационным характеристикам накладывают на него высокие требования по качеству: прочности, коррозионной стойкости, а также точности и шероховатости рабочих поверхностей.

Исходя из вышеизложенного, в качестве материала для вкладыша применяются хромсодержащие стали. В данном случае применяется сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Заготовкой является поковка (рис. 4.12).

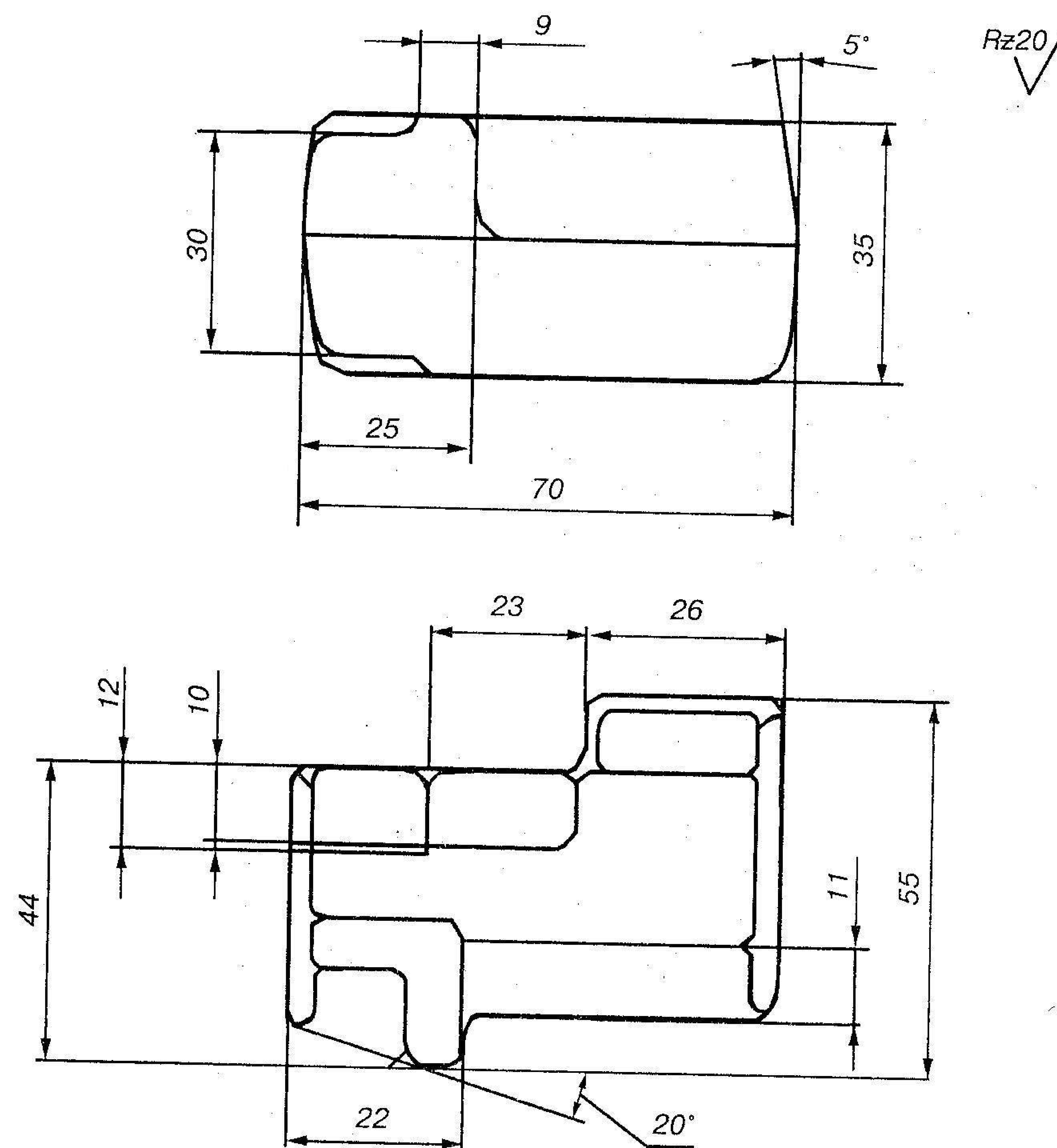


Рис. 4.12. Заготовка (поковка) вкладыша

С целью повышения КИМ могут быть применены штамповка на горизонтально-ковочных машинах или точное литье по выплавляемым моделям с получением центрального отверстия.

В любом случае заготовка должна удовлетворять следующим требованиям:

- механические свойства материала готовой детали должны быть гарантированы для данного метода получения заготовок;
- высокая плотность материала заготовки, отсутствие поверхностных и подповерхностных дефектов;
- отсутствие или минимальная глубина дефектного слоя заготовки;
- направление волокон (текстура) материала должно совпадать с направлением действия максимальных растягивающих

напряжений, вызываемых рабочими нагрузками при эксплуатации детали;

- заготовка не должна иметь припусков и напусков, неподдающихся механической или иной обработке или ухудшающей ее;
- заготовка должна иметь минимальные припуски и напуски, относительно высокую точность размеров, низкую шероховатость поверхностей и высокий КИМ, а также низкую себестоимость изготовления.

Наиболее рациональный технологический процесс определяется правильностью выбора заготовки. Если в качестве заготовки выбрана поковка, то порядок формирования операций принят по схемам, представленным на рис. 4.13.-4.24.

Наиболее ответственными операциями при изготовлении вкладыша являются финишная обработка отверстия под ствол (рис. 4.23) и спирали (рис. 4.24).

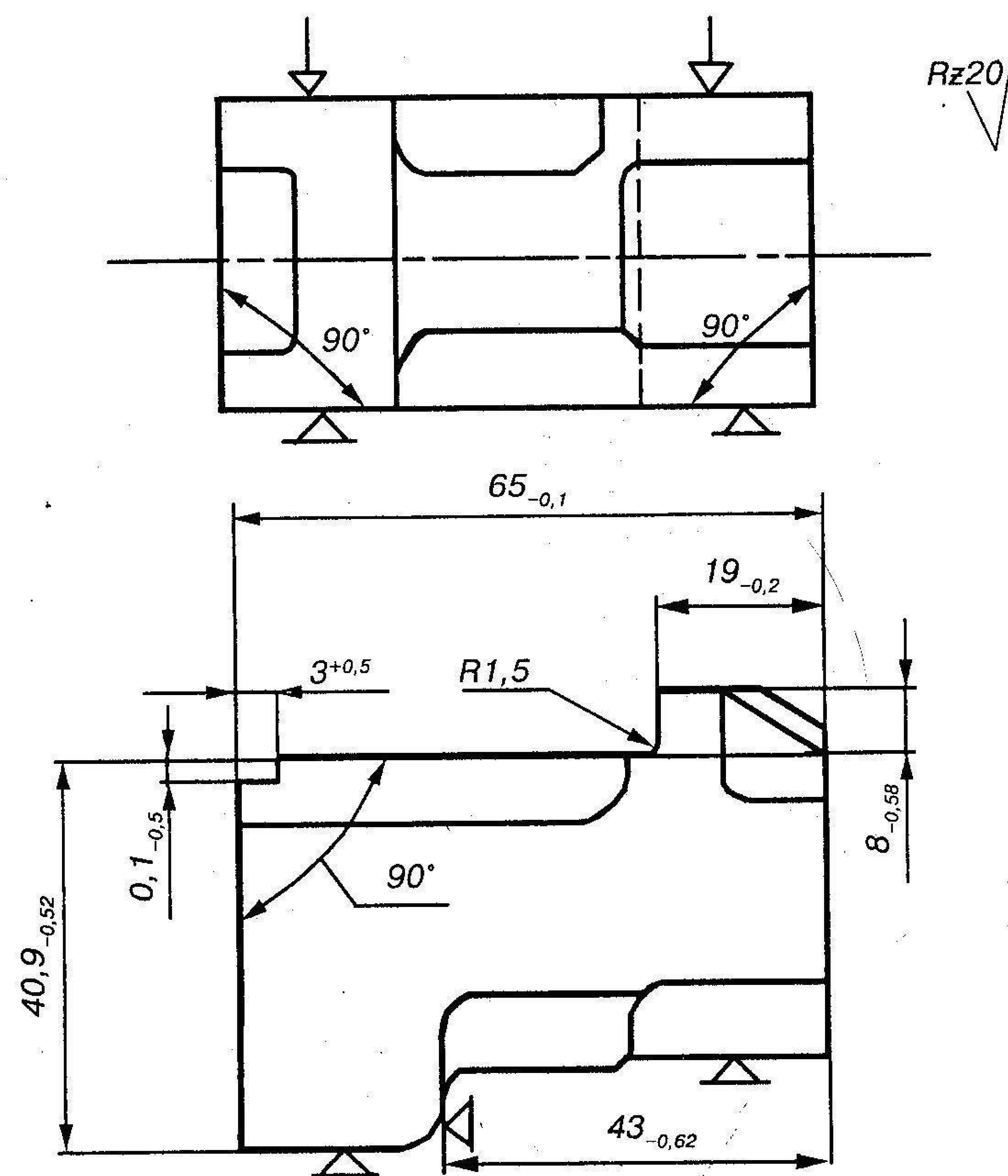


Рис. 4.13. Протягивание верхней плоскости и торцев на вертикально-протяжном станке модели МП 7876Д-1041 комплектом протяжек (СОЖ-эмульсия)

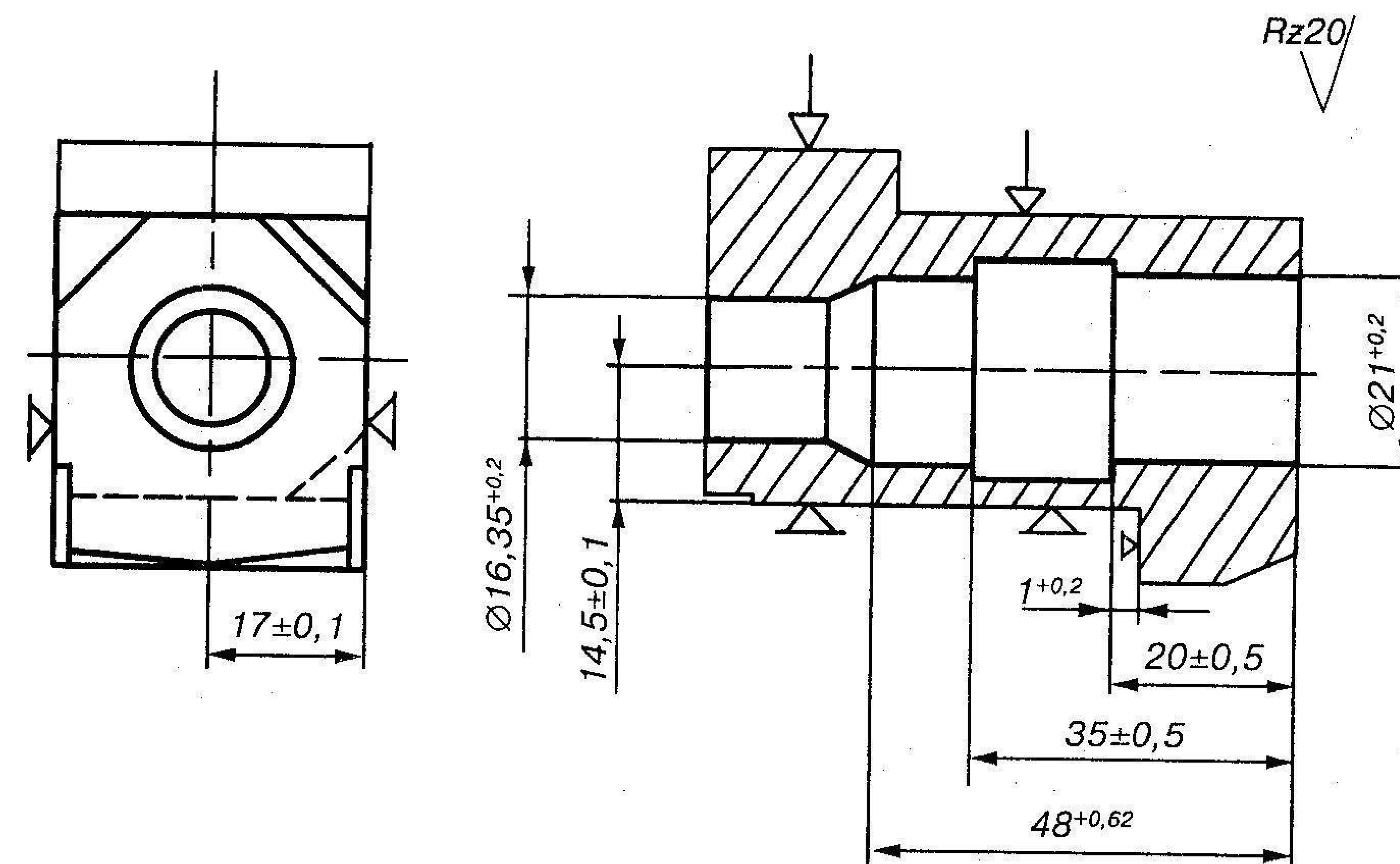


Рис. 4.14. Обработка отверстия на токарном полуавтомате модели 1А240П-6

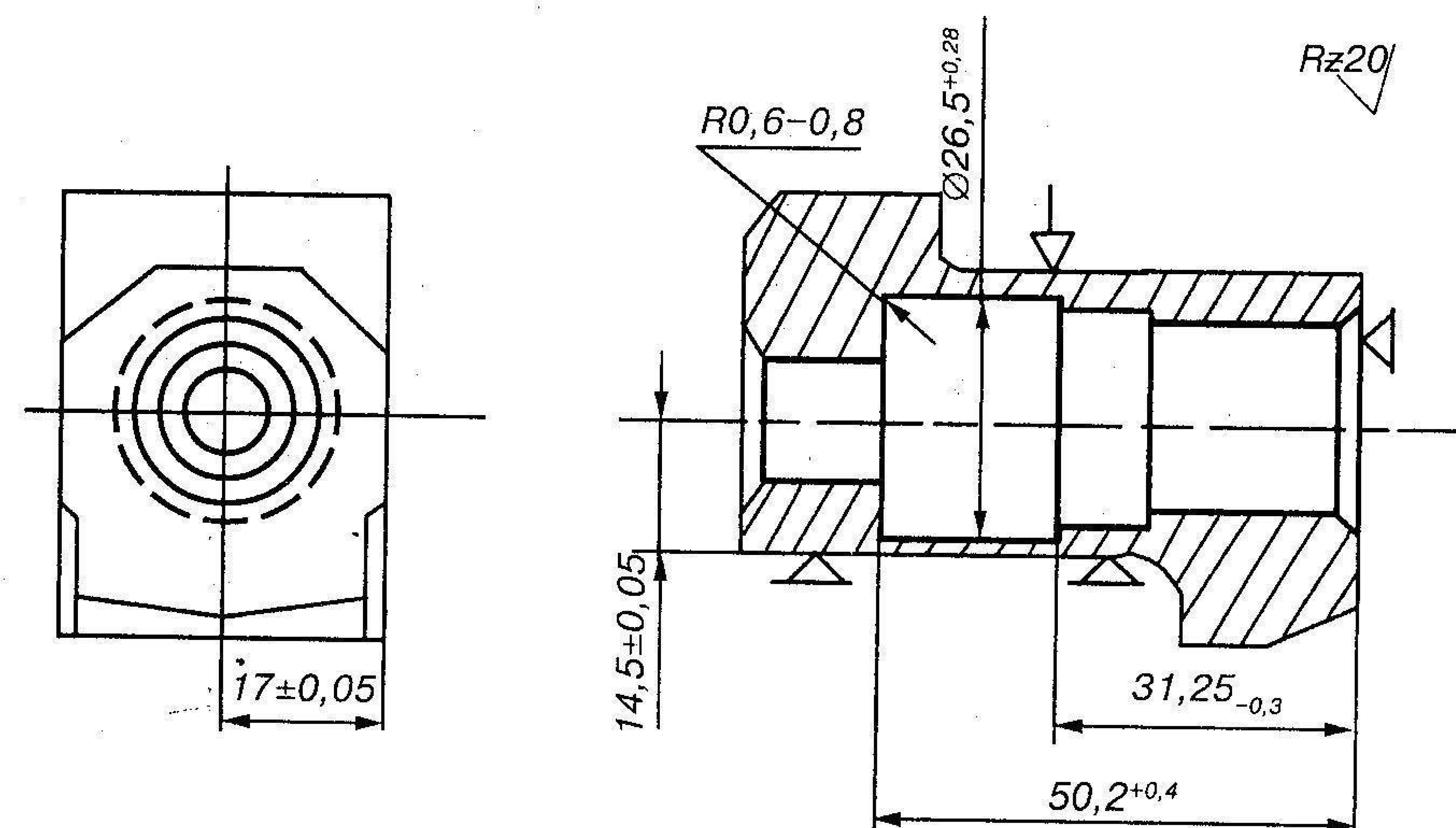


Рис. 4.15. Фрезерование котла на станке модели 716ИФ

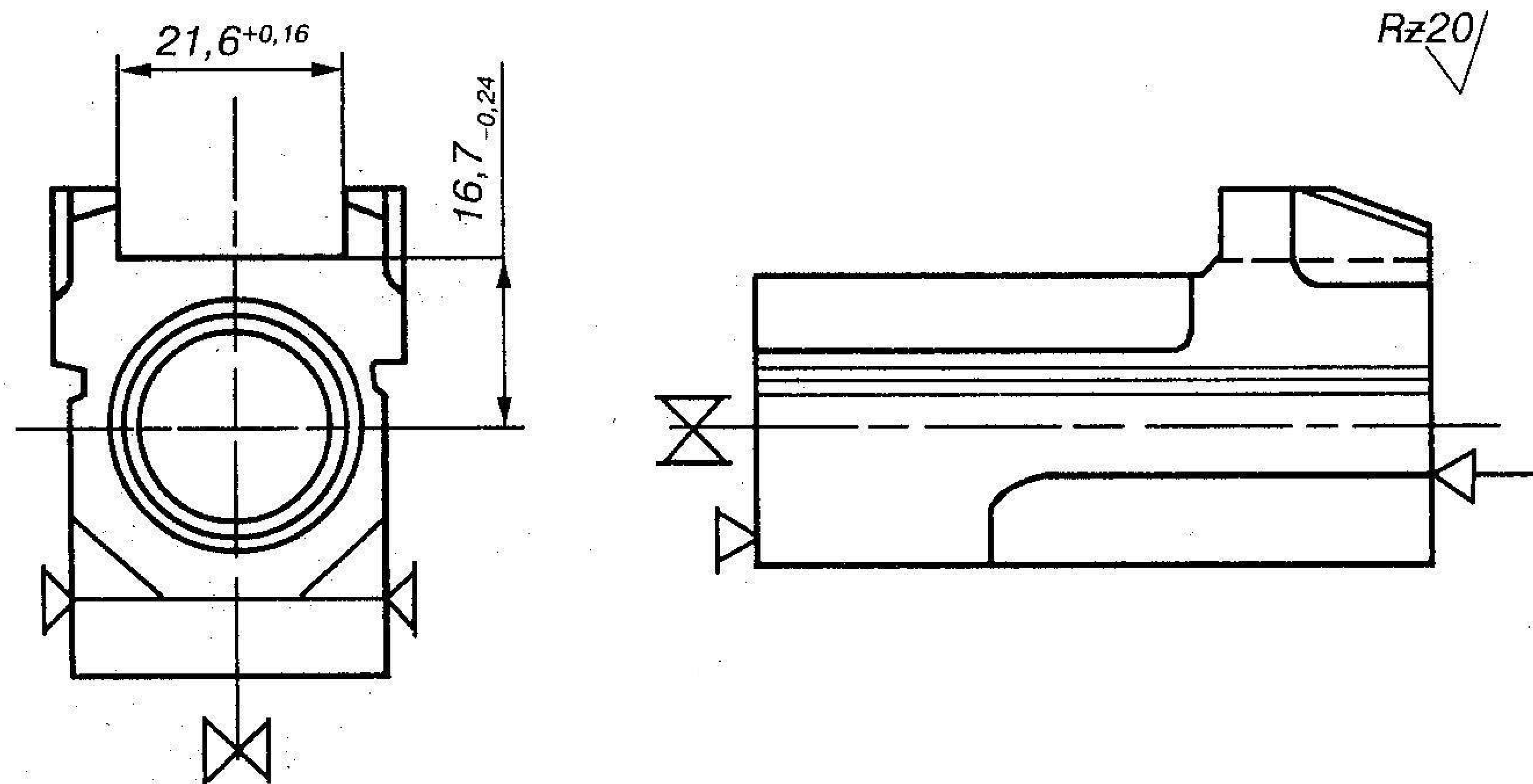


Рис. 4.16. Фрезерование выема на горизонтально-фрезерном станке модели 189 ФАС (СОЖ - эмульсия)

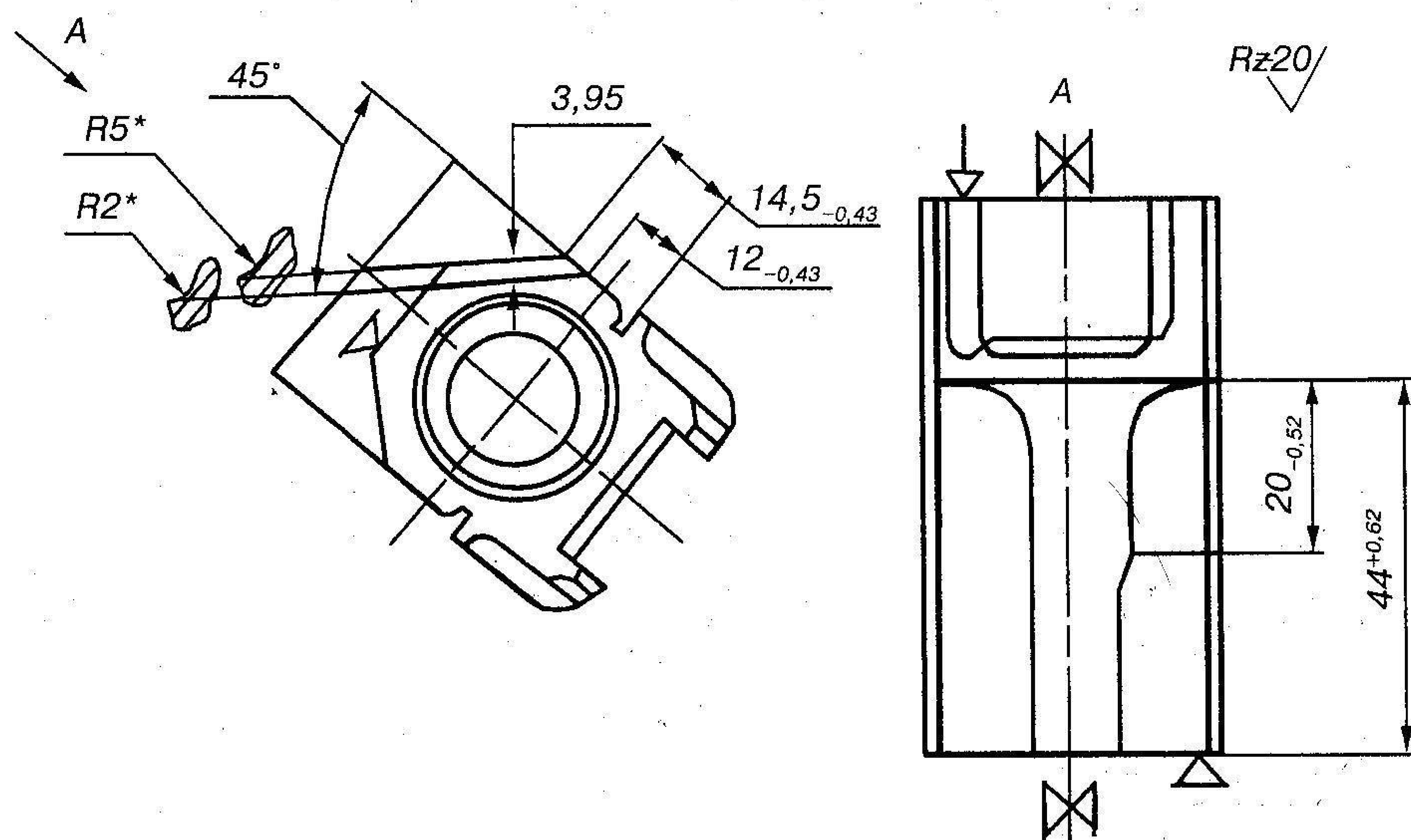


Рис. 4.17. Фрезерование скоса и понижения на вертикально-фрезерном станке модели 188 ФАС (СОЖ - эмульсия)

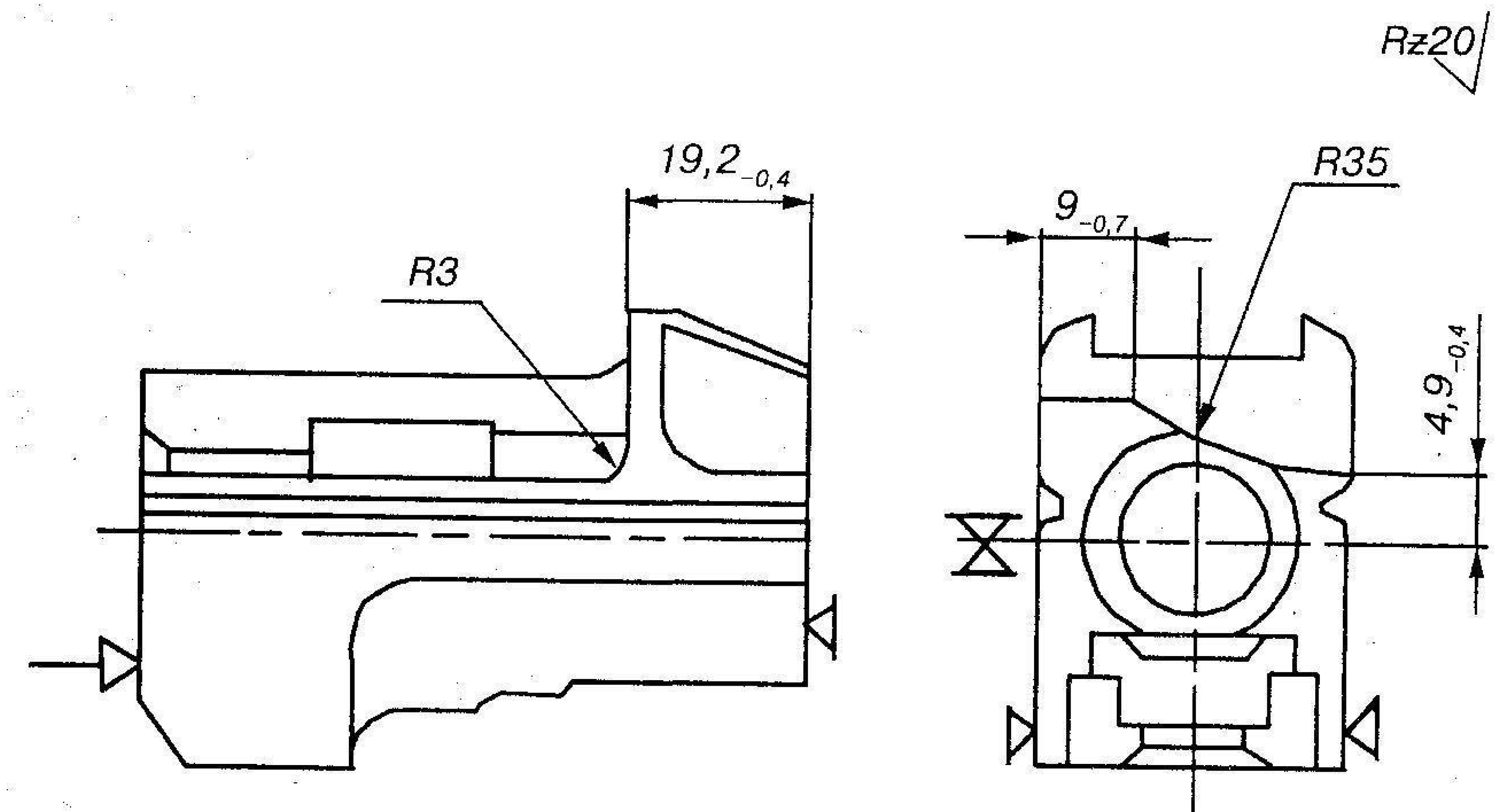


Рис. 4.18. Фрезерование окна на станке модели 189 ФАС

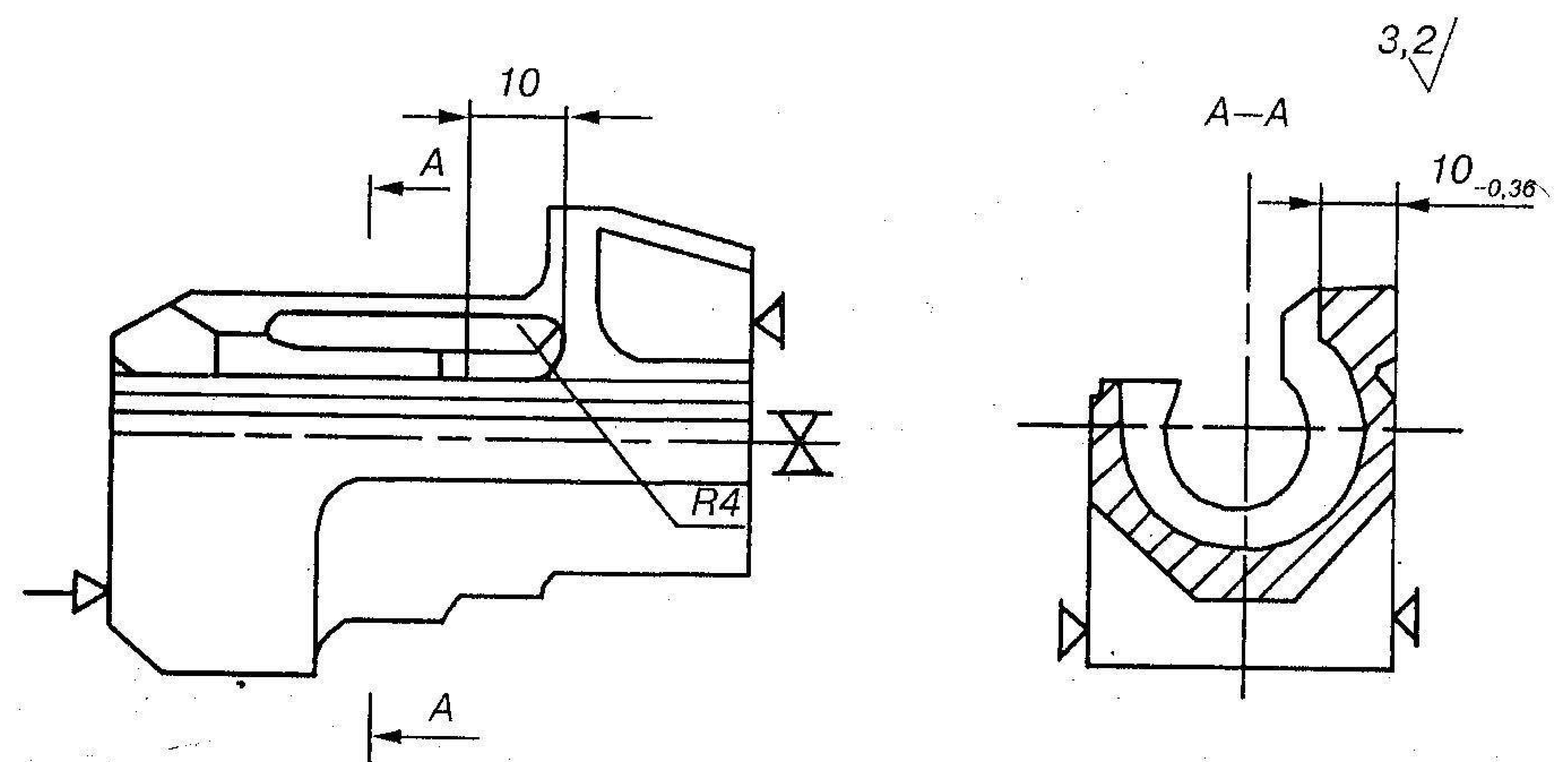


Рис. 4.19. Копирование окна на вертикально-фрезерном копировальном полуавтомате модели 96 КП-2 (6520К)

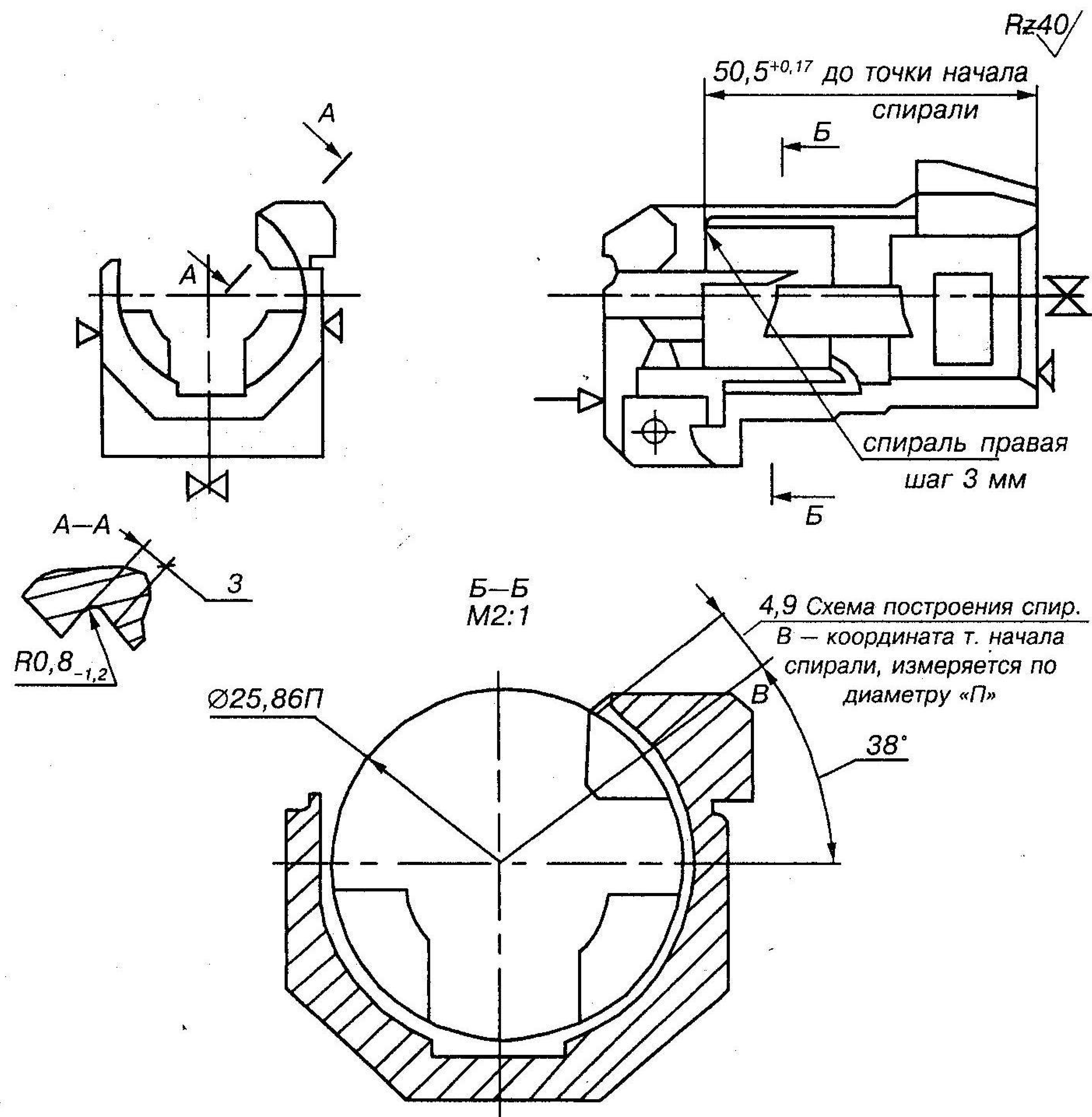


Рис. 4.20. Растачивание спирали на станке модели 64 АМ

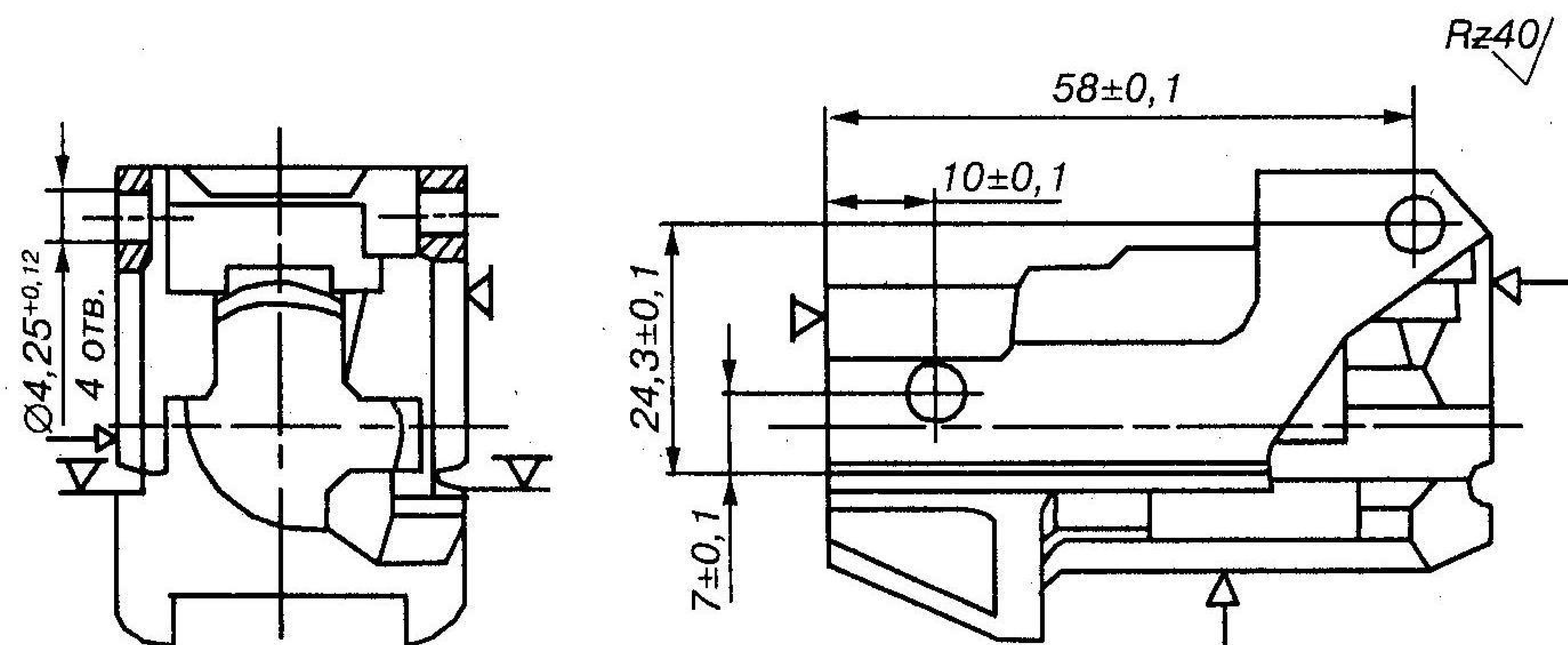


Рис. 4.21. Сверление отверстий на агрегатно-сверлильном станке модели ХА-416 П (ХАВ 418)

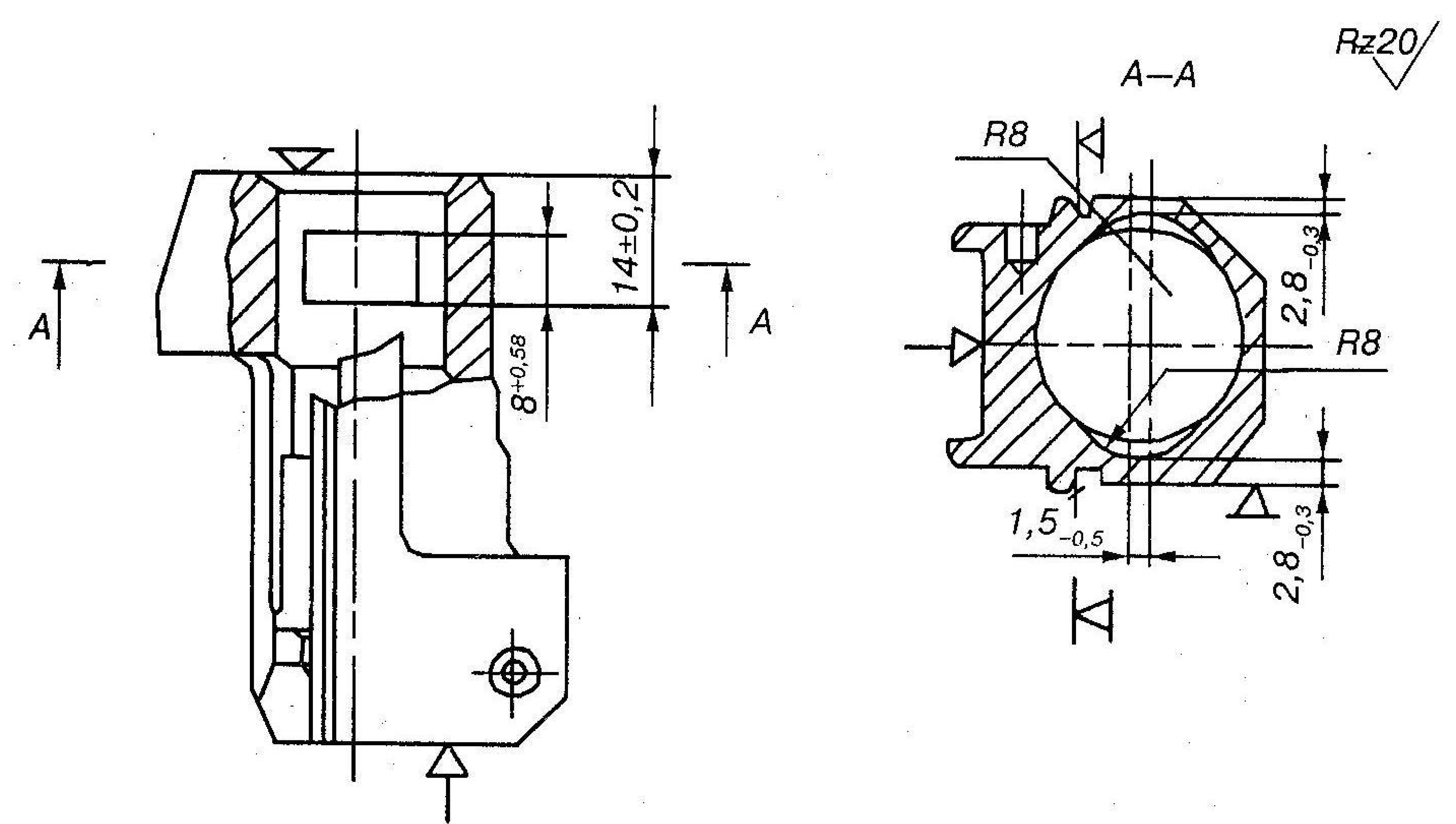


Рис. 4.22. Копирование пазов с последующей термической обработкой (закалкой и отпуском) на твердость HRC$_э$ 40-45

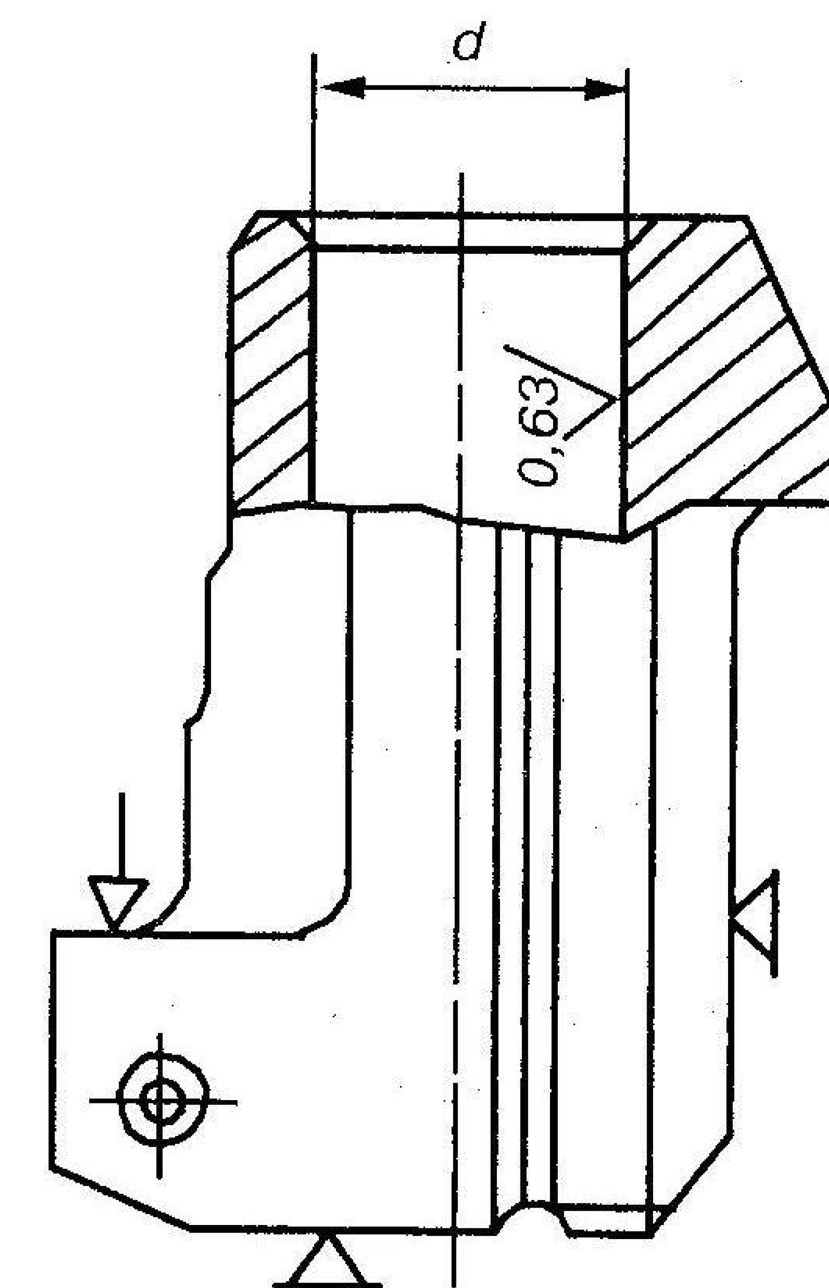
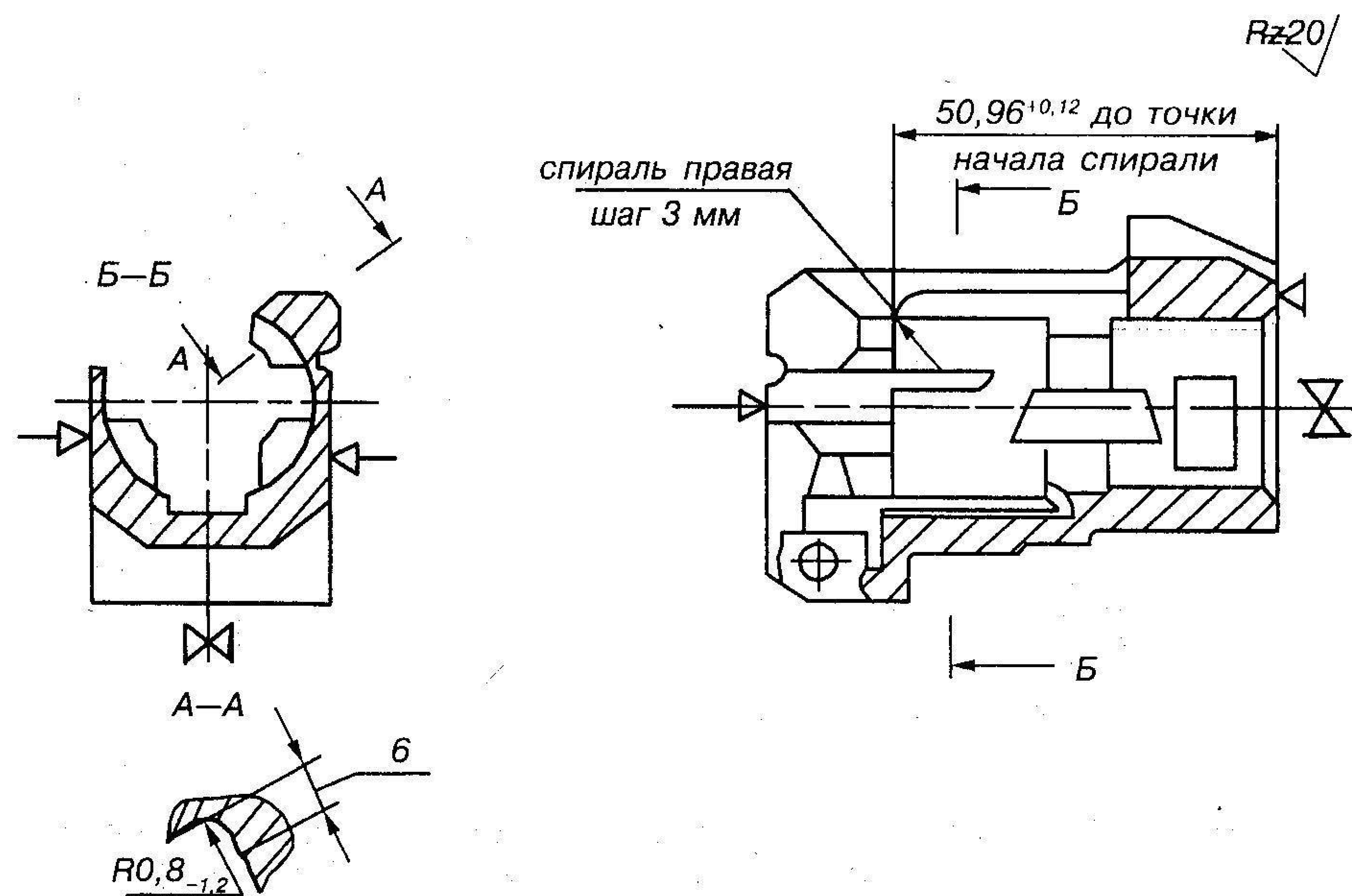


Рис. 4.23. Хонингование отверстия под ствол на станке модели 3821



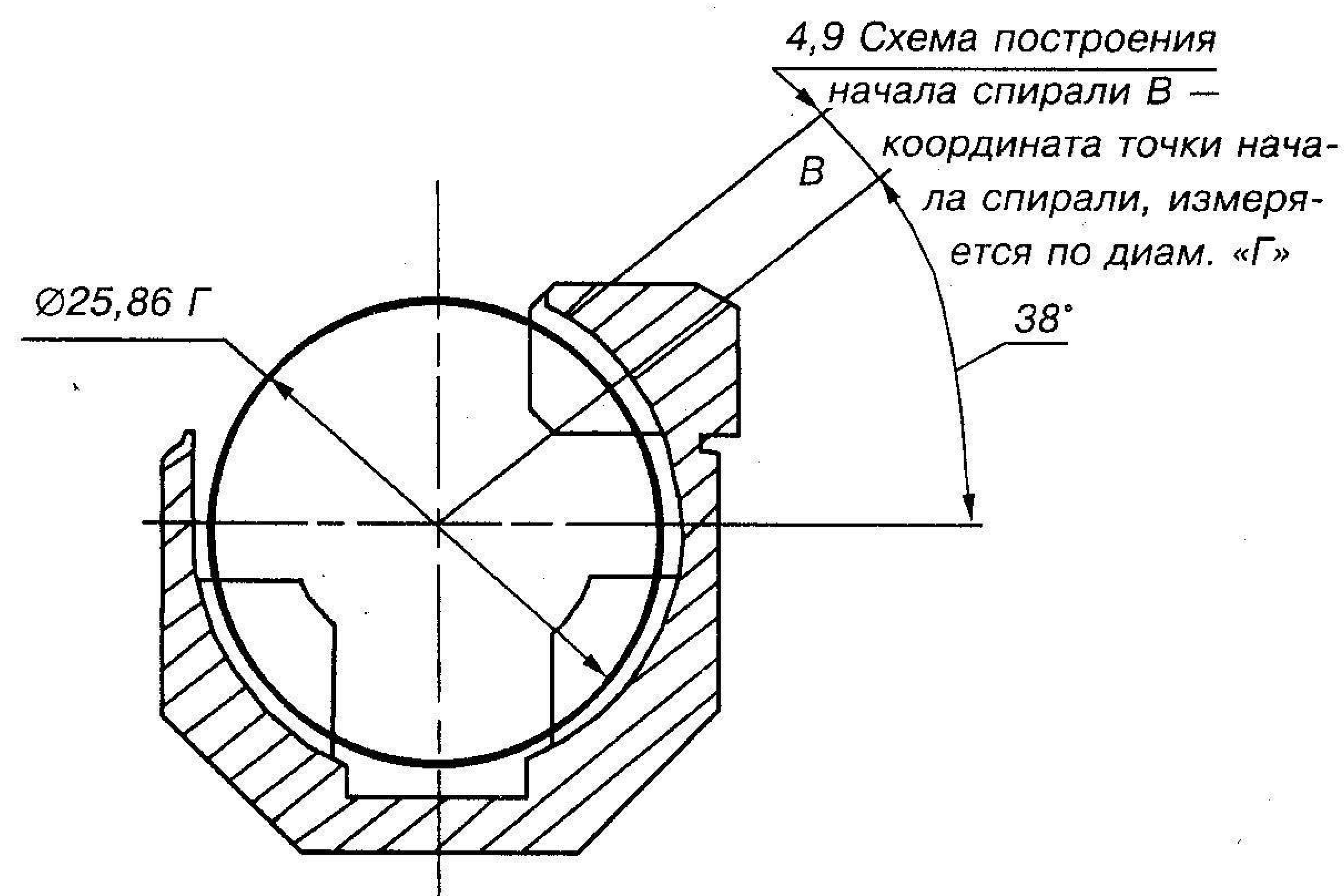


Рис. 4.24. Получение спирали на специальном токарном станке модели 64 АМ

Отверстия под ствол требуемой точности и шероховатости получаются хонингованием (или алмазным выглаживанием), размеры которого делятся на группы для селективной сборки (табл. 4.1.)

Таблица 4.1.

Деление размеров отверстия на группы

Группа / Размер	0	1	2	3	4
d	$21{,}980^{+0{,}015}$	$21{,}995^{+0{,}015}$	$22{,}010^{+0{,}015}$	$22{,}025^{+0{,}015}$	$22{,}080^{+0{,}020}$

Размеры контролируются пневматической звездкой. Основными группами являются первая и вторая.

Следует отметить, что изготовление других деталей (затыльник, скоба предохранительная, переводчик огня и др.), входящих в общую сборную единицу коробки, затруднений и особенностей не имеют.

4.3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТВОЛЬНЫХ КОРОБОК В СБОРЕ

Штампоклепаносварную конструкцию коробки получают путем соединения предварительно изготовленных деталей. Основной базовой деталью является короб. После очистки поверхностей проводят сварочные работы по установке угольников и других элементов короба на автоматических линиях (типа АЛ-3), которые состоят из автоматических машин для точечной электроконтактной сварки типа МТ1618 (рис. 4.25).

После правочных операций проводят сборку вкладыша с коробом: сверлят отверстия, устанавливают заклепки и расклепывают на прессах типа ГП-1 (рис. 4.26).

Далее следует установка затыльника (рис. 4.27, 4.28), скобы предохранительной (рис. 4.29), сверление отверстий (рис. 4.30) и установка переводчика огня (рис. 4.31) аналогичным способом.

Оформление технологической наладки на операцию сверления отверстий в коробке представлена на рис. 4.32.

По окончании процесса изготовления ствольной коробки в сборе проводится пассивация, тщательный ее контроль по всем основным параметрам. При обнаружении дефектов их устраняют и снова контролируют.

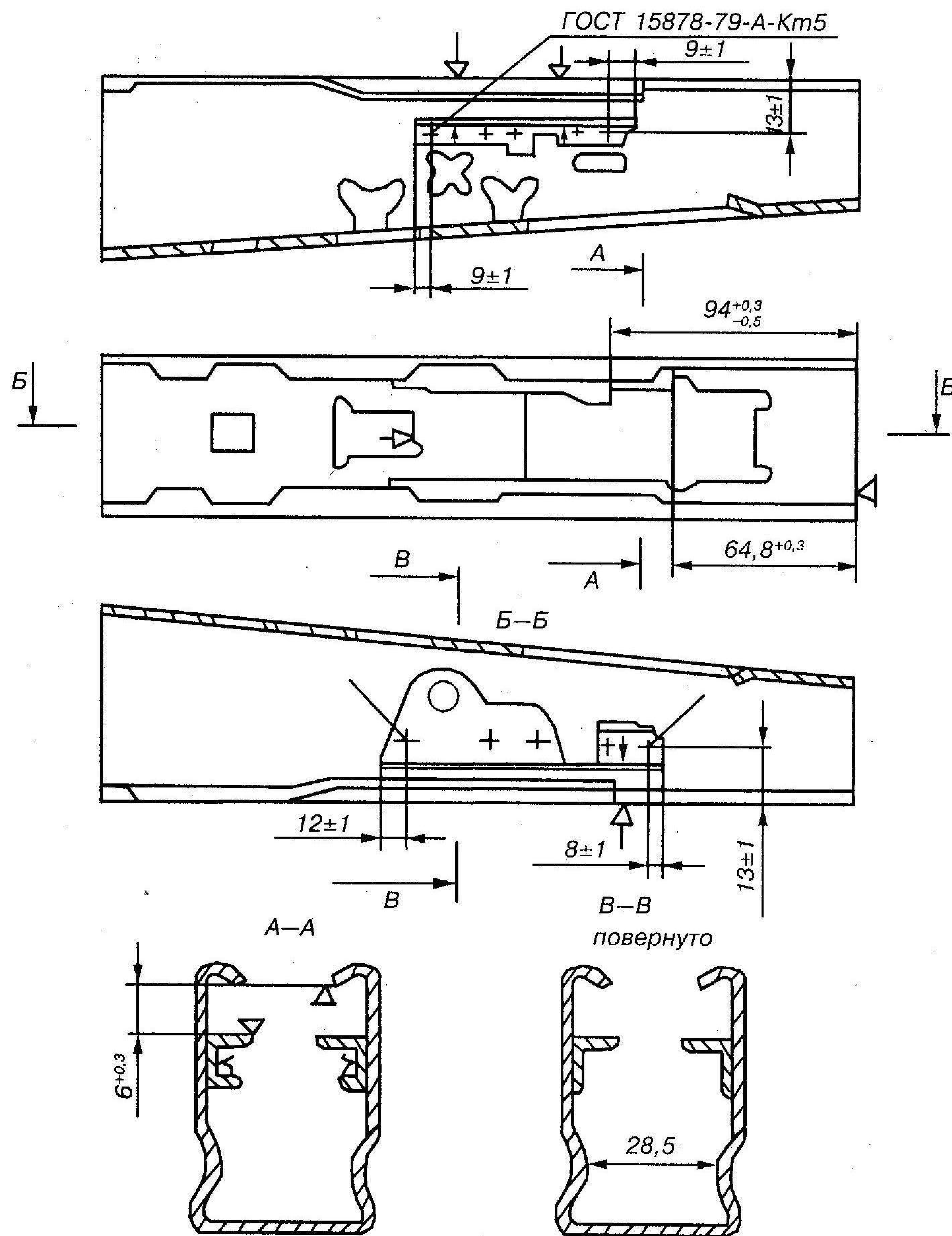


Рис. 4.25. Электроконтактная, автоматическая, точечная сварка угольников на машине МТ 1618

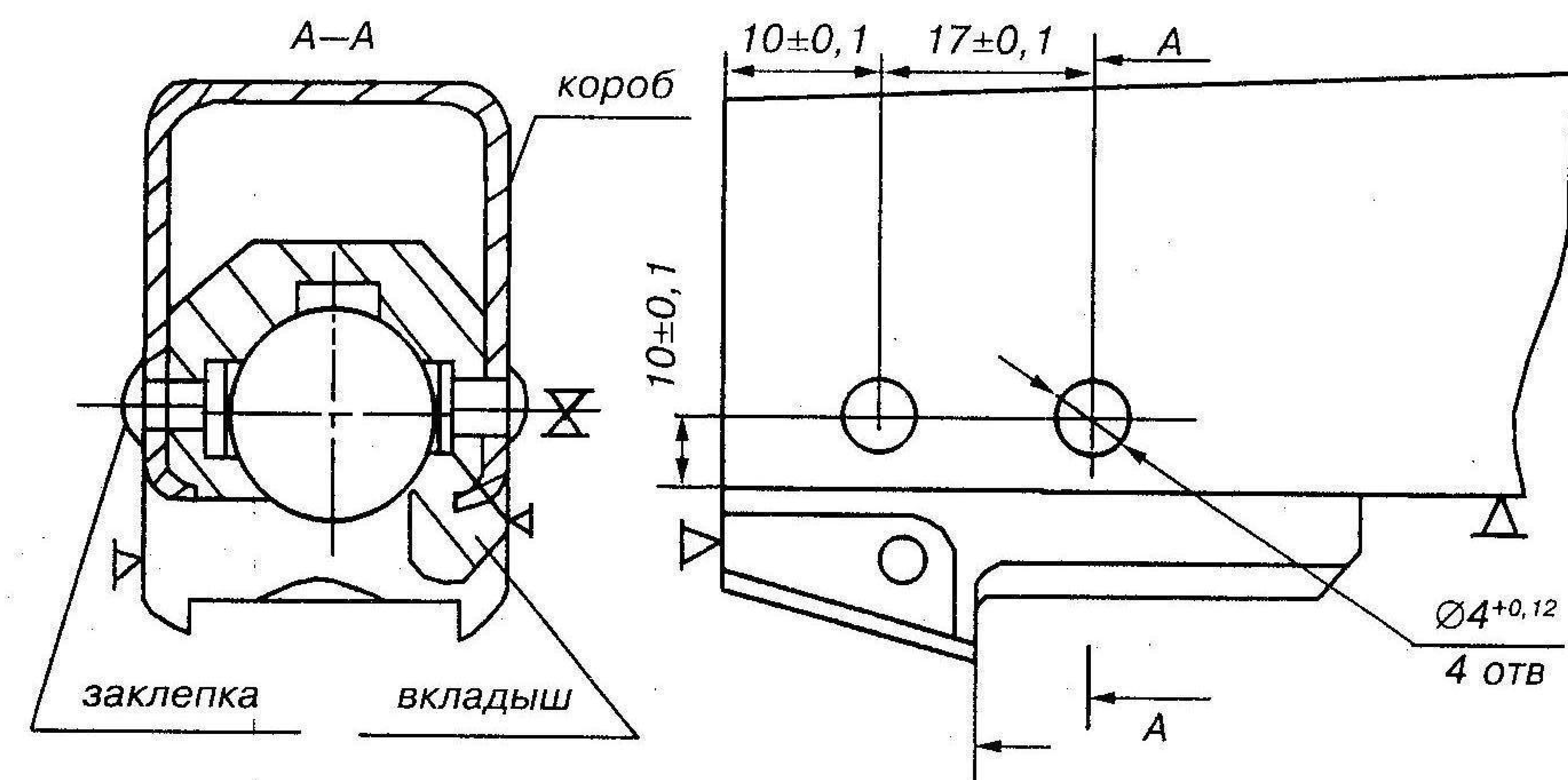


Рис. 4.26. Установка вкладыша

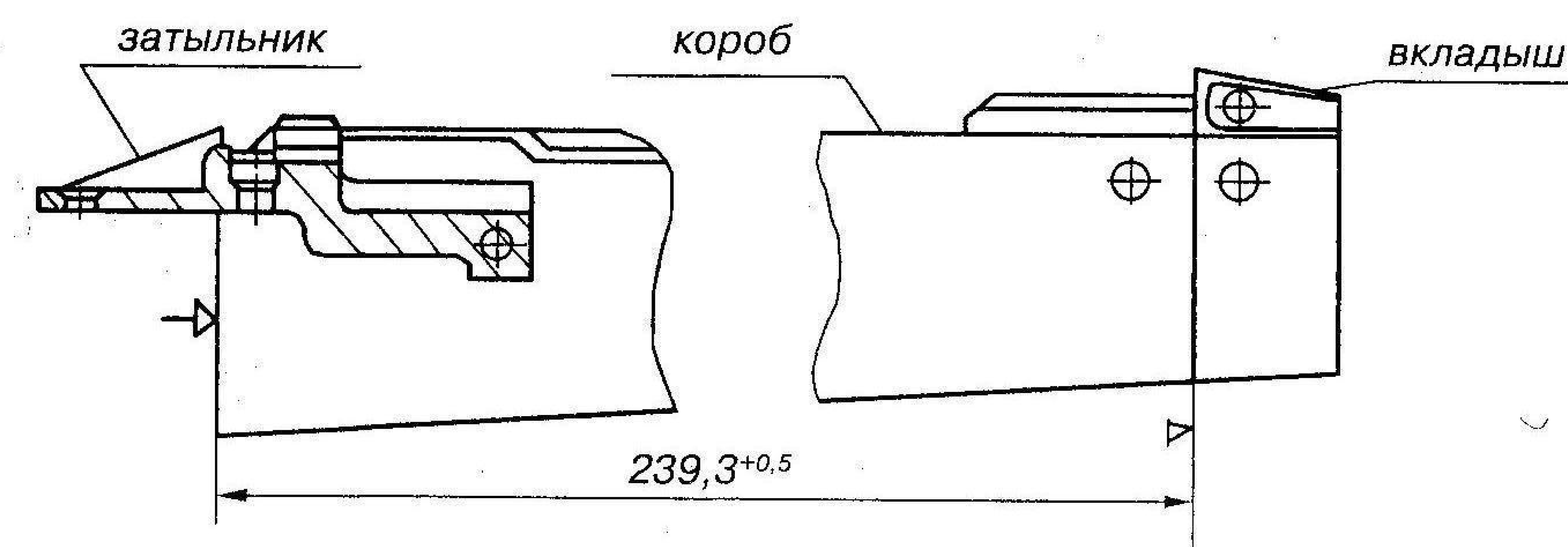


Рис. 4.27. Установка затыльника

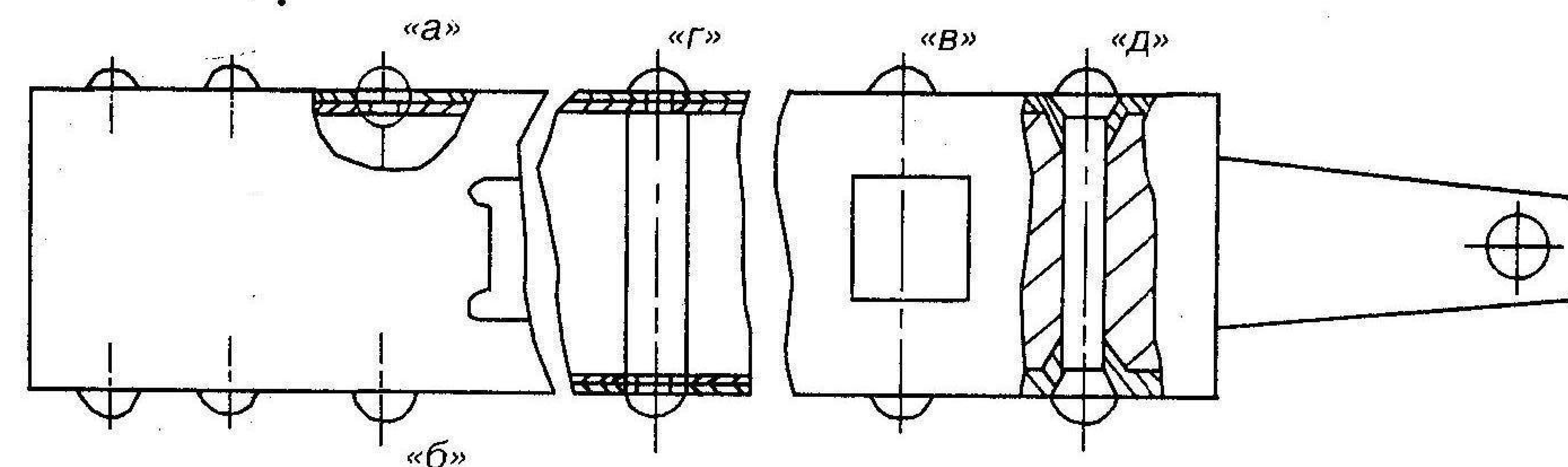


Рис. 4.28. Постановка и расклепывание заклепок

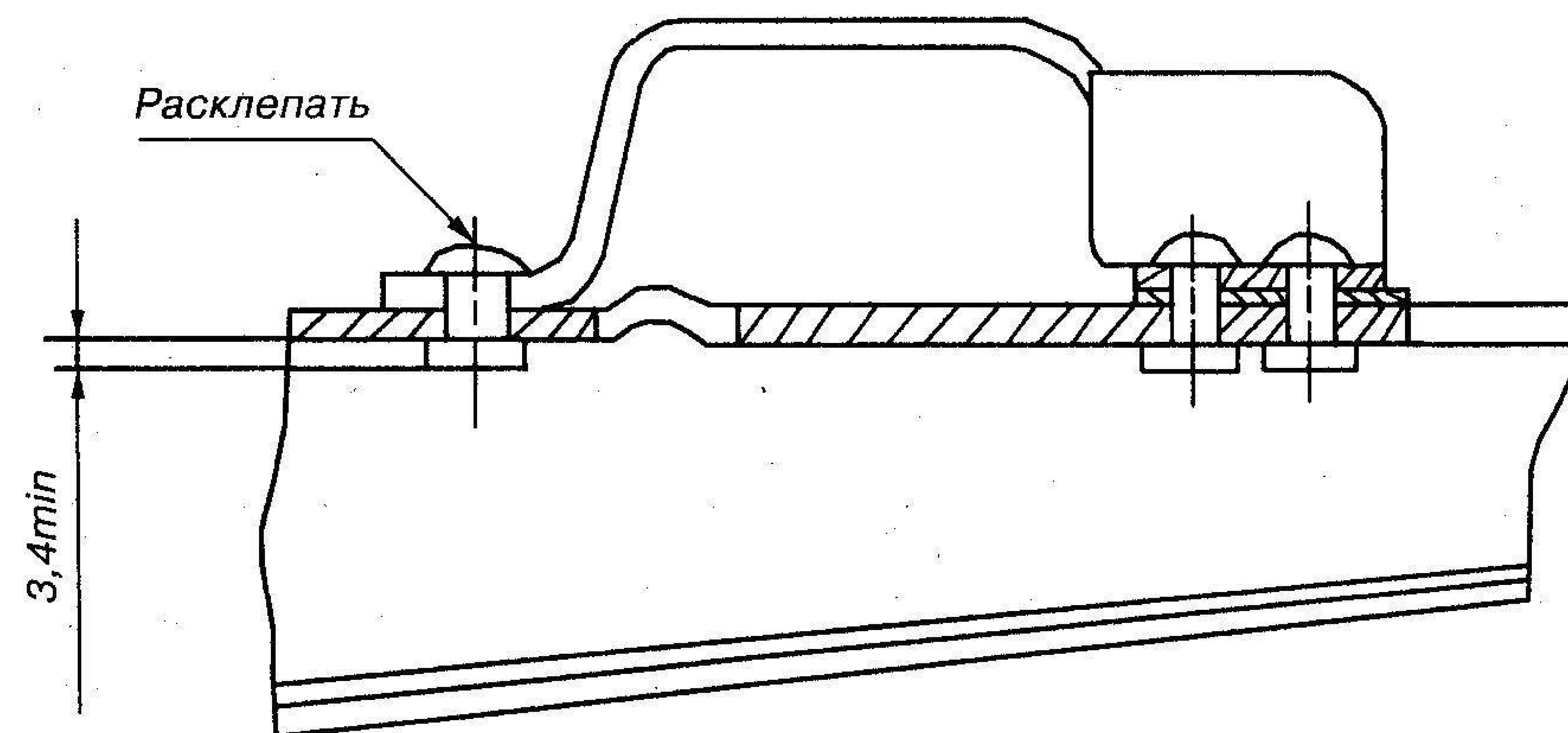


Рис. 4.29. Установка скобы спускового крючка

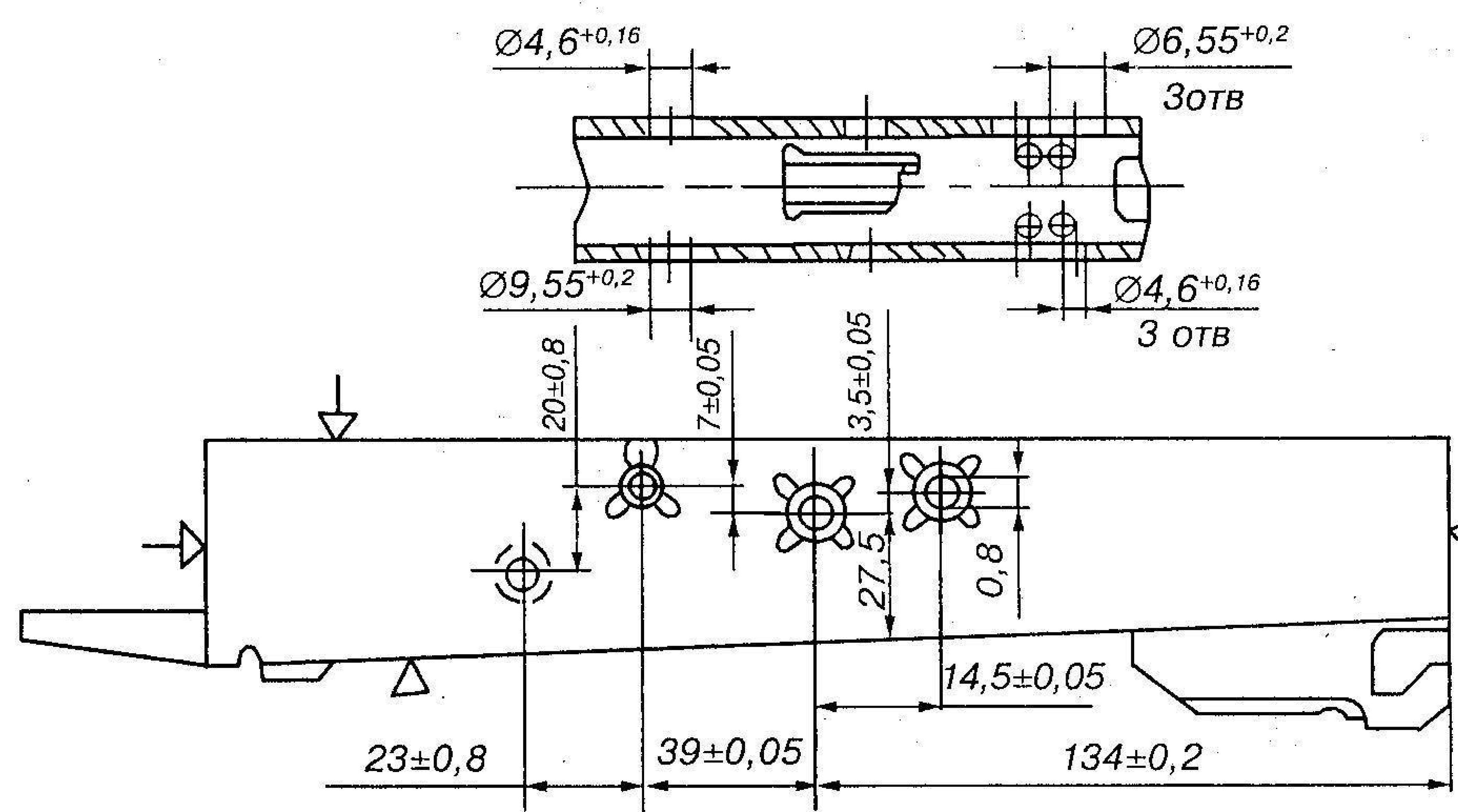


Рис. 4.30. Сверление отверстий на агрегатно-сверлильном станке модель ХА153П

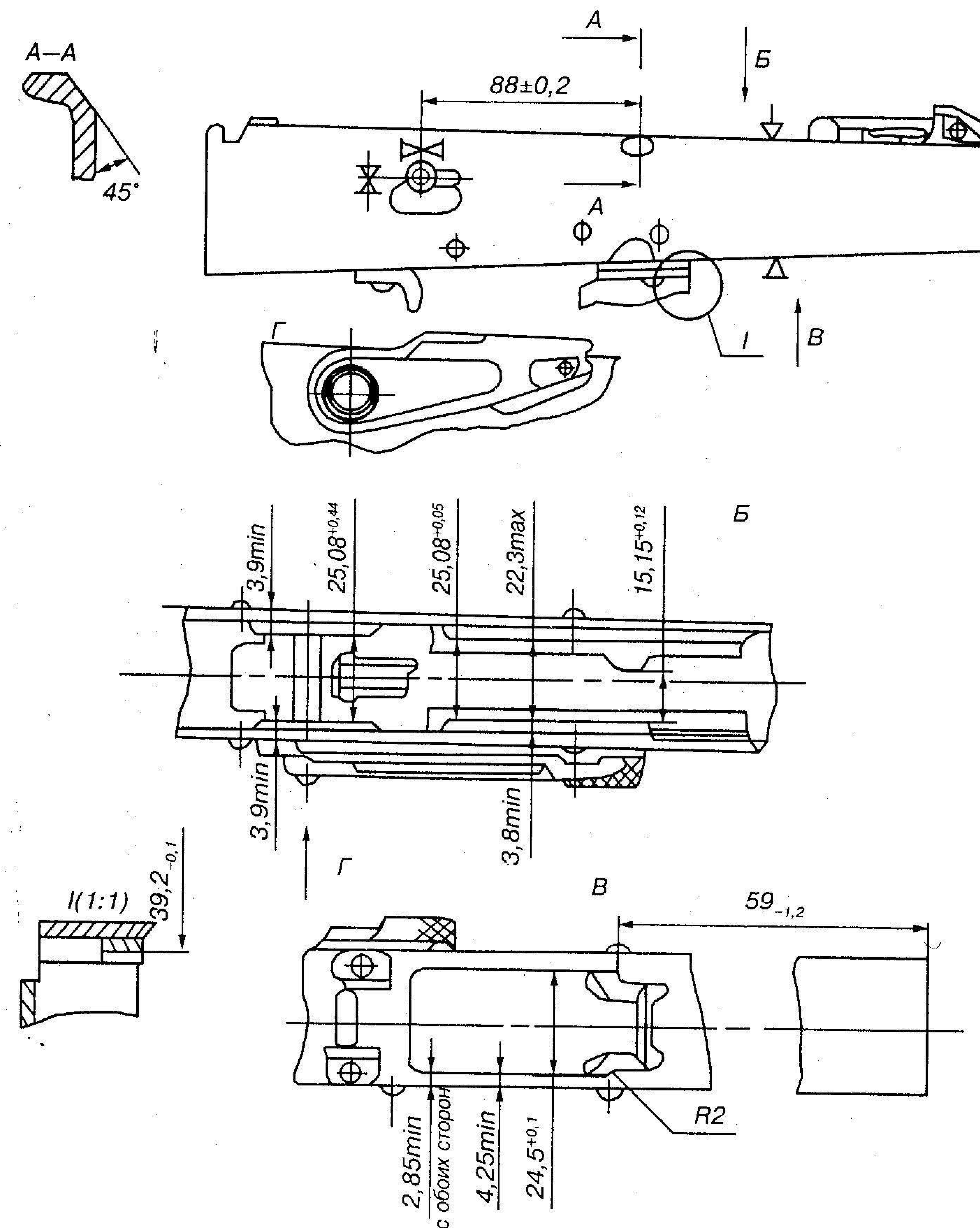
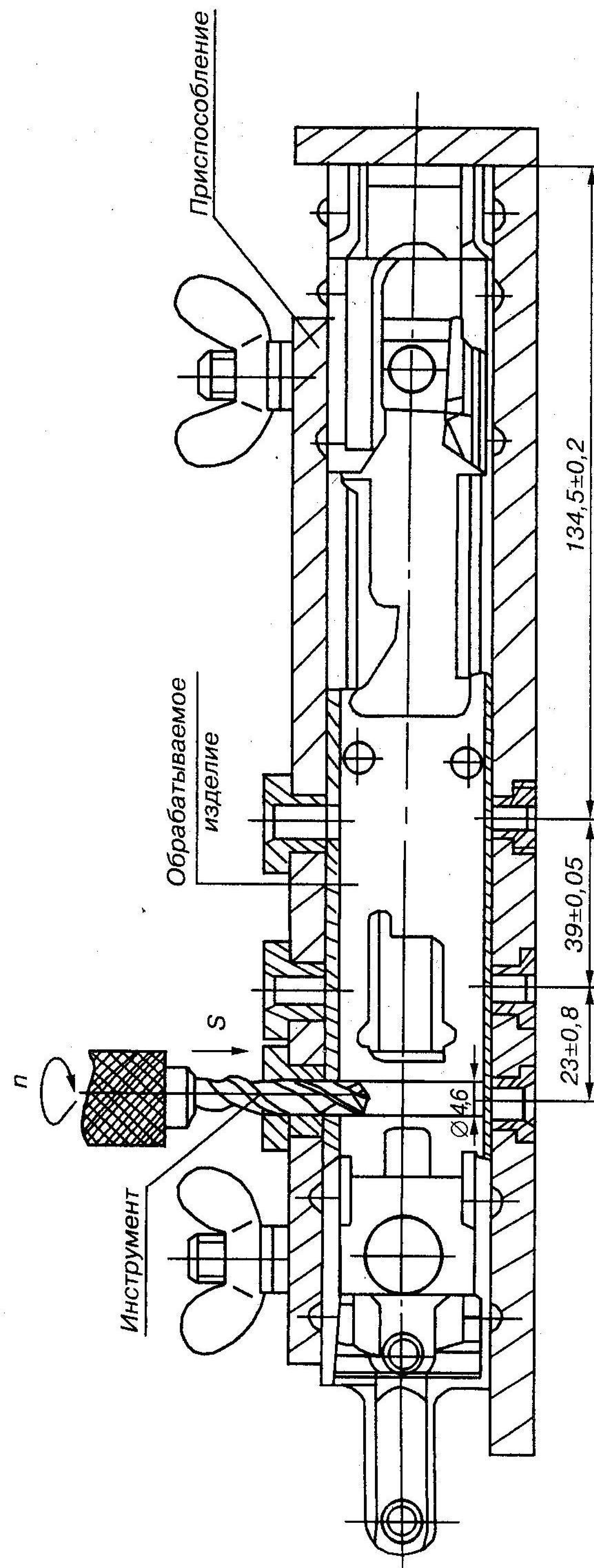


Рис. 4.31. Установка переводчика огня, фрезерование и доводка поверхностей



t, мм	S, $\frac{мм}{об}$	n, $\frac{об}{мин}$	V, $\frac{м}{мин}$	$T_о$, мин	$T_в$, мин	$T_п$, мин	$T_{шт}$, мин
2,3	0,12	625	13,2	0,22	0,55	1,11	1,88

Рис. 4.32. Технологическая наладка по рис. 4.30 для условий единичного и серийного производства

5. ПРОИЗВОДСТВО ЗАТВОРОВ И ЗАТВОРНЫХ РАМ

Затворы и затворные рамы являются основными деталями узла запирания, которые непосредственно закрывают канал ствола с казенной части и через дно гильзы воспринимают давление пороховых газов при выстреле. Вместе с тем эти детали, входя в состав подвижных частей, воспринимают интенсивные циклические ударные нагрузки в крайних заднем и переднем положениях. Поэтому при конструировании и изготовлении затворов и затворных рам уделяют большое внимание обеспечению их прочности и живучести. Материалами для затворов и затворных рам являются легированные стали.

Конструкции этих деталей определяют методы обработки их элементов.

5.1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАТВОРОВ

Затвор представляет собой ступенчатый цилиндр с центральным глубоким отверстием под ударник. В передней утолщенной части затвора расположены выступы: верхний (ведущий) - для разворота затвора при запирании и отпирании, а также для его ведения при откате и накате затворной рамы; два боковых (боевые упоры), с помощью которых осуществляется сцепление затвора с выступами вкладыша ствольной коробки; нижний (досылатель) обеспечивает извлечение патрона из магазина (ленты) и досылку его в патронник.

На переднем торце затвора находится чашечка (зеркало) для фланца гильзы с отверстием под боек ударника. Справа вверху расположено гнездо под выбрасыватель с пружиной. Левый боевой упор имеет впереди скос для первоначального разворо-

та затвора, обеспечивающего выход ведущего выступа на фигурный паз затворной рамы. На левой стороне затвора находится узкий продольный паз для прохода отражателя.

В соответствии с условиями работы для изготовления затворов применяются легированные марки сталей 30ХРА ОСТ 3-98-88 (для автоматов), 40ХН и 40ХН2МА ГОСТ 4543-71 (для пулеметов и малокалиберных автоматических пушек), а также мартенситностареющие стали.

В качестве заготовки используется поковка.

Маршрутный технологический процесс изготовления затвора по основным операциям представлен в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Технологический процесс механической обработки затвора по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка			СОЖ	Режимы обработки				Нормы времени (мин)			
				Приспособление	Формообразующий инструмент	Мерительный инструмент		t, мм	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	$T_о$	$T_в$	$T_п$	$T_{шт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	Фрезерная	Rz40; $21,5_{-0,4}$; 90°; $90,5_{-0,5}$	184ФАС	Фрезерное (П-1)	Фреза (И-1)	Щуп, скоба	—	3	415	0,5	1200	2,1	2,1	1,5	5,7
010	Сверлильная	Rz40; $12,37_{-0,87}$; $Ø3,57^{+0,15}$	150ГСА	Сверлильное (П-2)	Сверло (И-2)	Пробка (ИМ4)	Эмульсия	1,785	125	0,5	350	0,54	0,62	0,54	1,7

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
015	Сверлильная	Rz40; $\varnothing 3{,}73^{+0{,}05}$; A; A — A; 28°; $\varnothing 3{,}55^{+0{,}12}$	975ИА	Сверлильное (П-3)	Шнековое комбинированное сверло (И-3)	Пробка (ИМ5)	Эмульсия	0,08	100	0,5	280	0,6	0,42	0,36	1,38
020	Сверлильная	2,5; базирование аналогично; $\varnothing 1{,}83^{+0{,}02}$	975ИА	Сверлильное (П-4)	Сверло, развертка	Пробка(ИМ6)	Эмульсия	0,915	150	0,5	420	0,17	0,1	0,1	0,37

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
025	Сверлильная	1,25; 28°; A; $4{,}75_{-0{,}25}$; A—A	975ИА	Сверлильное (П-5)	Развертка (И-6)	Пробка (ИМ7)	Эмульсия	0,05	120	0,5	330	0,16	0,11	0,07	0,34
030	Фрезерная	Rz40; R0,7; 7,15; 3±0,2; $11{,}25_{-0{,}03}$; 35°; 13min; $4{,}07_{-0{,}08}$; $16{,}5_{-0{,}2}$	188ФАС	Фрезерное (П-6)	Фреза(И-7)	Скоба	Эмульсия	1	350	0,5	1100	2,3	2	1,4	5,7

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
035	Фрезерная	$4{,}6_{-0,2}$ $4{,}6_{-0,2}$ Rz20 R0,5* R2* $2{,}2^{*}_{-0,15}$ 45° $2{,}4_{-0,15}$ $6{,}5_{-0,25}$	185ФАС	Фрезерное (П-7)	Фреза(И-8)	Шаблон (ИМ11)	Эмульсия	0,5	350	0,2	1100	2,4	2,1	1,5	6
040	Токарная	Rz20 $Ø9{,}95_{-0,25}$ $23{,}4_{-0,3}$	1А616	Токарное (П-8)	Резец проходной, фасонный	Шаблон (ИМ12)	Эмульсия	0,8	150	0,3	450	0,7	0,6	0,6	1,9

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
045	Фрезерная	Rz40 $3_{-0,15}$ $2{,}15_{-0,15}$ $1{,}45^{+0,16}$	188ФАС	Фрезерное (П-9)	Фреза (И-11)	шаблон (ИМ13)	Эмульсия	0,5	300	0,5	900	1,1	1	0,6	2,7
050	Фрезерная	Rz20 $55_{-0,8}$ 68° R8* $R3{,}2_{-0,2}$ 14	96КП-2 (6520К)	Фрезерное (П-10)	Фреза (И-12)	Шаблон (ИМ14)	Эмульсия	1	300	0,5	800	1,4	1,2	0,8	3,4

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
055	Револьверная	2,5; A; Ø9,3^{+0,36}; 2,5^{+0,1}; R0,15 Ⓜ A	1336(1Д325)	Токарное (П-11)	Фреза (И-13)	Шаблон (ИМ15)	Эмульсия	3,735	350	0,6	1100	0,07	0,05	0,05	0,17
060	Шлифовальная	1,25; 22,6_{-0,3}; 9,2_{-0,08}	3Б153Т	Шлифовальное (П-12)	Шлифовальный круг (И-14)	Скоба (ИМ16)	–	0,375	115	0,2	300	0,6	0,3	0,53	1,43

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
065	Револьверная	1,6; 0,3x45°; 2,8^{+0,05}; Ø9,7^{+0,15}	1336	Товарное (П-13)	Фреза (И-15)	Шаблон (ИМ17)	Эмульсия	0,2	350	0,5	800	0,08	0,06	0,06	0,2
070	Фрезерная	уступ по эталону; 3,2; R0,2±0,08; 2,75^{+0,2}; A A; 7,9_{-0,35}; 5°30′	202ФАС	Фрезерное (П-14)	Набор двух фрез (И-16)	Шаблон (ИМ18)	Эмульсия	0,5	400	0,5	1200	1,2	1,1	0,7	3

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
075	Копировальная	Rz40; 4,07; R13,6; $6{,}85^{+0{,}58}$; спир. лев.	23ФАС	Копировальное (П-15)	Фреза (И-17)	Шаблон (ИМ19)	Эмульсия	1	400	0,5	850	2,1	1,9	1,2	5,2
080	Сверлильная	$\varnothing 3{,}18^{+0{,}025}$; Rz20; 90°; 7,78±0,06; 4,1±0,05	975ИС	Сверлильное (П-16)	Сверло (И-18)	Калибр (ИМ20)	Эмульсия	1,59	130	0,5	350	0,17	0,1	0,1	0,37

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
090	Копировальная	Rz20; $2{,}3^{-0{,}15}$; $4{,}65^{+0{,}3}$; $4{,}24^{+0{,}2}$; $7{,}1^{+0{,}2}$; R3	17ФСМ	Копировальное (П-17)	Фреза (И-19)	Шаблон (ИМ21)	Эмульсия	1	400	0,5	800	0,9	0,8	0,5	2,2
095	Фрезерная	Rz20; $R13{,}1_{-0{,}2}$; $R16{,}5_{-0{,}2}$	105ИФМ	Фрезерное (П-18)	Фреза (И-20)	Шаблон (ИМ22)	Эмульсия	0,5	420	0,5	1100	2	1,8	1,1	4,9

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
100	Термообработка 1)Закалить HRC 43,5...51,5 2)Править деталь (по технологии отдела главного металлурга)														
110	Шлифовальная	0,63; $\varnothing 8{,}85_{-0{,}06}$	3Б153Т	Шлифовальное (П-19)	Круг (И-21)	Скоба (ИМ23)	—	0,175	110	0,2	250	0,7	0,4	0,6	1,7
115	Фрезерная	1,6; $R16{,}27_{-0{,}2}$; $R12{,}93_{-0{,}2}$; $R12{,}93_{-0{,}2}$	105ИФМ	Фрезерное (П-20)	Фреза (И-22)	Шаблон (ИМ24)	Эмульсия	0,17	310	0,5	800	1,6	1,4	0,9	3,9

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
120	Фрезерная	Rz20; $2{,}8_{-0{,}16}$; $1{,}65^{+0{,}2}$; $2_{-0{,}1}$	189ФАС	Фрезерное (П-21)	Набор двух фрез (И-23)	Шаблон (ИМ25)	Эмульсия	0,2	350	0,5	900	1,2	1,1	0,7	3
125	Сверлильная	1,25; $14{,}5^{+0{,}43}$; $\varnothing 3{,}2^{+0{,}02}$	975ИА	Сверлильное (П-22)	Развертка (И24)	Калибр (ИМ26)	Эмульсия	0,01	110	0,6	290	0,11	0,08	0,08	0,27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
130	Фрезерная	А—А; 1,6; $1{,}8^{+0{,}25}$; $1{,}9_{-0{,}07}$; $2{,}65_{-0{,}2}$; А	210ФАС	Фрезерное (П-23)	Фреза (И-25)	Шаблон (ИМ27)	Эмульсия	0,15	400	0,5	800	1	0,9	0,5	2,4
135	Контрольная	Контролировать по основным ответственным размерам	Стол контрольный			Многомерный контрольный прибор (КП-1)									

5.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАТВОРНЫХ РАМ

Затворная рама является основной деталью автоматики, приводящей в движение механизмы оружия (ударный, запирающий и др.). Она имеет два продольных цилиндрических отверстия для размещения: в верхнем - возвратного механизма, в нижнем - хвостовика (стебля) затвора. В передней части верхнего отверстия выполнена резьба для крепления штока газового поршня. Нижнее отверстие имеет продольный сквозной паз для прохода зуба отражателя. Пазы по бокам затворной рамы предназначены для ее движения по направляющим ствольной коробки. Выступ с правой стороны рамы обеспечивает выключение автоспуска.

Снизу передней части рамы сделан фигурный паз, стенки которого обеспечивают поворот затвора при запирании и отпирании. Паз оканчивается площадкой, предназначенной для перемещения затвора и предупреждения расклинивания его при движении затворной рамы вперед, и вырезом для выхода ведущего выступа затвора при разборке. С правой стороны затворной рамы находится рукоятка перезаряжания. Конструкция соединения поршня с рамой обеспечивает его качание относительно рамы, что необходимо для того, чтобы избежать утыкания поршня в патрубок газовой камеры при подходе затворной рамы в переднее положение.

Затворная рама работает в тяжелых условиях, которые обусловлены трением рамы о направляющие поверхности ствольной коробки, а также воздействием окружающей среды, которая может проявляться в попадании внутрь ствольной коробки пыли, грязи и влаги при интенсивной эксплуатации. Вследствие всех этих факторов, а также того, чтобы автоматика функционировала нормально в таких условиях, необходимо чтобы во время работы автоматики имелись гарантированные зазоры, которые облегчали бы движение рамы в условиях загрязненности. Поэтому большинство поверхностей затворной рамы (за исключением поверхностей, взаимодействующих с затвором) выполняются по средним квалитетам точности.

Кроме того, что данная деталь испытывает ударные нагрузки в крайнем переднем и заднем положениях, она также воспринимает изгибающие пространственные нагрузки, которые действуют от усилия стрелка при служебном обращении на рукоятку перезаряжания.

В качестве материала и заготовки для изготовления затворной рамы используются такие же стали и методы получения заготовок (поковок), что и для затворов.

Укрупненный технологический процесс изготовления затворной рамы по основным операциям представлен в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Технологический процесс механической обработки затворной рамы по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка			СОЖ	Режимы обработки				Нормы времени (мин)			
				Приспособление	Формообразующий инструмент	Мерительный инструмент		t, мм	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	$T_о$	$T_в$	$T_п$	$T_{шт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	Сверлильная		150ГСА	Сверлильное (П-1)	Сверло (И-1)	Пробка (М-1)	Масло индустриальное осерненное	5,53	5,8	0,2	450	2,3	1,38	0,92	2,6
010	Сверлильная		2Н118-2	Сверлильное (П-2)	Сверло (И-2)	Пробка (М-2)	Эмульсия	3,75	400	0,2	9,4	0,91	0,55	0,36	1,82

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
015	Токарная		137ТПБ	Токарное (П-3)	Резец (И-3)	Скоба (М-3)	Эмульсия	3	115	0,4	1800	0,31	0,23	0,23	0,78
020	Фрезерная		188ФАС	Фрезерное (П-4)	Фреза (И-4)	Шаблон (М-4)	Эмульсия	3	120	1,2	950	0,1	0,1	0,05	0,25

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
025	Фрезерная	A; R13$^{+0,55}$; 30,9; 110°; A	130ИФМ	Фрезерное (П-5)	Фреза (И-5)	Шаблон (М-5)	Эмульсия	5	1550	0,5	125	0,1	0,1	0,05	0,25
030	Фрезерная	$30,4_{-0,15}$; $15,25_{-0,2}$	189ФАС	Фрезерное (П-6)	Фреза (И-6)	Шаблон (М-6)	Эмульсия	7	600	0,96	95	0,13	0,13	0,07	0,33

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
035	Фрезерная	A; $7,9_{-0,2}$; $9,15_{-0,24}$; 45°; А (повернуто)	188ФАС	Фрезерное (П-7)	Фреза (И-7)	Шаблон (М-7)	Эмульсия	1,2	98	0,7	1050	0,18	0,18	0,09	0,45
040	Фрезерная	$1,5^{+0,12}_{-0,08}$; $2,5^{+0,2}$	210ФСА	Фрезерное (П-8)	Фреза (И-8)	Шаблон (М-8)	Эмульсия	2,5	149	1,92	950	0,06	0,06	0,03	0,15

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
045	Фрезерная	$9,7_{-0,15}$; $4,9_{-0,4}$; Rz20; 1x45°; $7,5^{+0,25}$	188ФАС	Фрезерное (П-9)	Фреза (И-9)	Шаблон (М-9)	Эмульсия		106	1,5	2120	0,15	0,15	0,08	0,38
050	Токарная	А–А; Rz20; А; М12x1,25; А	1С	Токарное (П-10)	Метчик (И-10)	(М-10)	Эмульсия	0,5	12,1	1,25	320	0,2	0,2	0,1	0,5

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
055	Фрезерная	А; Rz20; А; $12,7_{-0,24}$; $5,26^{+0,17}$; $1,48^{+0,16}$; 90°; $12,7_{-0,24}$	204ФАС	Фрезерное (П-11)	Фреза(И-11)	Шаблон(М-11)	Эмульсия	2,5	80	640	1200	0,13	0,1	0,1	0,33
060	Фрезерная	А; $5_{-0,6}$; $9,4^{+0,5}$; А; $12^{+0,43}$; $4,9_{-0,2}$; 19	202ФАС	Фрезерное (П-12)	Фреза (И-12)	Шаблон(М-12)	Эмульсия	14	195	238	945	0,18	0,14	0,14	0,45

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
065	Фрезерная		210ФАС	Фрезерное (П-13)	Фреза (И-13)	Шаблон (М-13)	Эмульсия	3	230	280	1200	0,08	0,06	0,06	0,2
070	Копировальная		96КП-2 (6520К)	Фрезерное (П-14)	Фреза (И-14)	Шаблон (М-14)	Эмульсия	4	60	120	1000	0,26	0,2	0,2	0,65

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
075	Фрезерная		184ФАС	Фрезерное (П-15)	Фреза (И-15)	Шаблон (М-15)	Эмульсия	2	43,5	138	484	0,12	0,09	0,09	0,3
080	Фрезерная		210ФАС	Фрезерное (П-16)	Фреза (И-16)	Шаблон (М-16)	Эмульсия	5,2	110	340	2150	0,12	0,09	0,09	0,3

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
085	Фрезерная	R8 Rz40 Rz20 Rz40 $21_{-0,52}$ R0,3 $15_{-0,43}$ $3,9^{+0,3}$	210ФАС	Фрезерное (П-17)	Фреза (И-17)	Шаблон (М-17)	Эмульсия	4	110	340	2150	0,18	0,14	0,14	0,45
090	Фрезерная	$8_{-0,58}$ R0,3 $34,7^{+0,3}$ $1,8^{+0,2}$ R7	210ФАС	Фрезерное (П-18)	Фреза (И-18)	Шаблон (М-18)	Эмульсия	3	50	1,8	100	0,14	0,11	0,11	0,35

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
095	Фрезерная	Б—Б A I $2,5_{-0,35}$ $4,9^{+0,4}$ $R2^{+0,3}_{-0,5}$ $9,5_{-0,35}$ Б I 5 20° R1,5 R10 8° 5° Б A	202ФАС	Фрезерное (П-19)	Фреза (И-19)	Шаблон (М-19)	Эмульсия	0,5	43,5	236	230	0,15	0,15	0,08	0,38
100	Сверлильная	90° Rz20 0,85 2фаски 97,5±0,4 Rz20 $Ø3^{+0,25}$	2Н106	Сверлильное (П-20)	Сверло (И-20)	Пробка (М-20)	Эмульсия	1,5	38,5	0,05	2000	0,42	0,25	0,17	0,84

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
105	Фрезерная		17ФМС	Фрезерное (П-21)	Фреза (И-21)	Шаблон (М-21)	Эмульсия	0,5	100	550	2100	0,13	0,13	0,07	0,33
110	Фрезерная		ВМ511	Фрезерное (П-22)	Фреза (И-22)	Шаблон (М-22)	Эмульсия	3	43	60	184	1,3	1,3	0,7	3,3

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
115	Фрезерная		ТУ-2	Фрезерное (П-23)	Фреза (И-23)	Шаблон (М-23)	Эмульсия	3	43	95	184	0,25	0,25	0,13	0,63
120	Полировальная		Полировальный мотор	Полировальное (П-24)	Полировальные круги (И-24)	(М-24)	Эмульсия		40	600	1200	0,18	0,18	0,09	0,45

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
125	Токарная	2,5; 25±0,045; $\varnothing 9^{+0,1}$	1018ИТ	Токарное (П-25)	Развёртка (И-25)	Пробка (М-25)	Эмульсия	1,25	78,4	0,64	2775	0,21	0,16	0,16	0,53
130	Фрезерная	R3,5; Rz20; 1,7±0,15; 1,5х45; $4,25_{-0,3}$; $4,25_{-0,3}$	189ФАС	Фрезерное (П-26)	Набор 2-х фрез (И-26)	Шаблон (М-26)	Эмульсия	0,7	45	1,6	100	0,15	0,15	0,08	0,38

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
135	Фрезерная	$15,05_{-0,15}$; $14,85_{-0,2}$; Rz20	189ФАС	Фрезерное (П-27)	Набор 2-х фрез (И-27)	Шаблон (М-27)	Эмульсия	0,7	405	0,1	1434	0,13	0,13	0,07	0,33
140	Фрезерная	Rz20; $2,5^{+0,45}$	210ФАС	Фрезерное (П-28)	Фреза (И-28)	Шаблон (М-28)	Эмульсия	2,5	97	600	1540	0,08	0,08	0,04	0,2

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
145	Полировальная	Ø12+0,24; 2,5; Ø9+0,1	Верстачная бабка	Полировальное (П-29)	Шлифовальная шкурка (И-29)	(М-29)	Эмульсия		30	6	100	0,8	1,2	0,4	2,4
150	Фрезерная	24,86−0,21; Rz20; 5,5+0,1−0,07; 1,8+0,25; 0,05	210ФАС	Фрезерное (П-30)	Фреза (И-30)	Шаблон (М-30)	Эмульсия	0,3	80	640	1000	0,13	0,13	0,07	0,33

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
155	Фрезерная	Rz20; 13−0,3	210ФАС	Фрезерное (П-31)	Фреза (И-31)	Шаблон (М-31)	Эмульсия	2	59	2,7	468	0,15	0,15	0,08	0,38
160	Фрезерная	Rz20; 5,7−0,2	210ФАС	Фрезерное (П-32)	Фреза (И-32)	Шаблон (М-32)	Эмульсия	1	62	245	1000	0,15	0,15	0,08	0,38

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
165	Контрольная	Контролировать по основным ответственным размерам	Стол контрольный			КП-1									

6. ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Основными деталями газового двигателя являются газовая камера, шток (поршень), трубка газовая.

6.1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГАЗОВЫХ КАМЕР

Газовая камера является рабочим цилиндром газового двигателя. Она сообщается со стволом радиальным или наклонным отверстиями. На конце патрубка камеры находятся отверстия для сброса отработавших пороховых газов, ниже патрубка имеется посадочное отверстие для крепления на стволе, а снизу - упор с отверстием для шомпола. На входной части патрубка изготовлена коническая расточка, облегчающая вход штока (поршня) затворной рамы в газовую камеру (рис. 6.1).

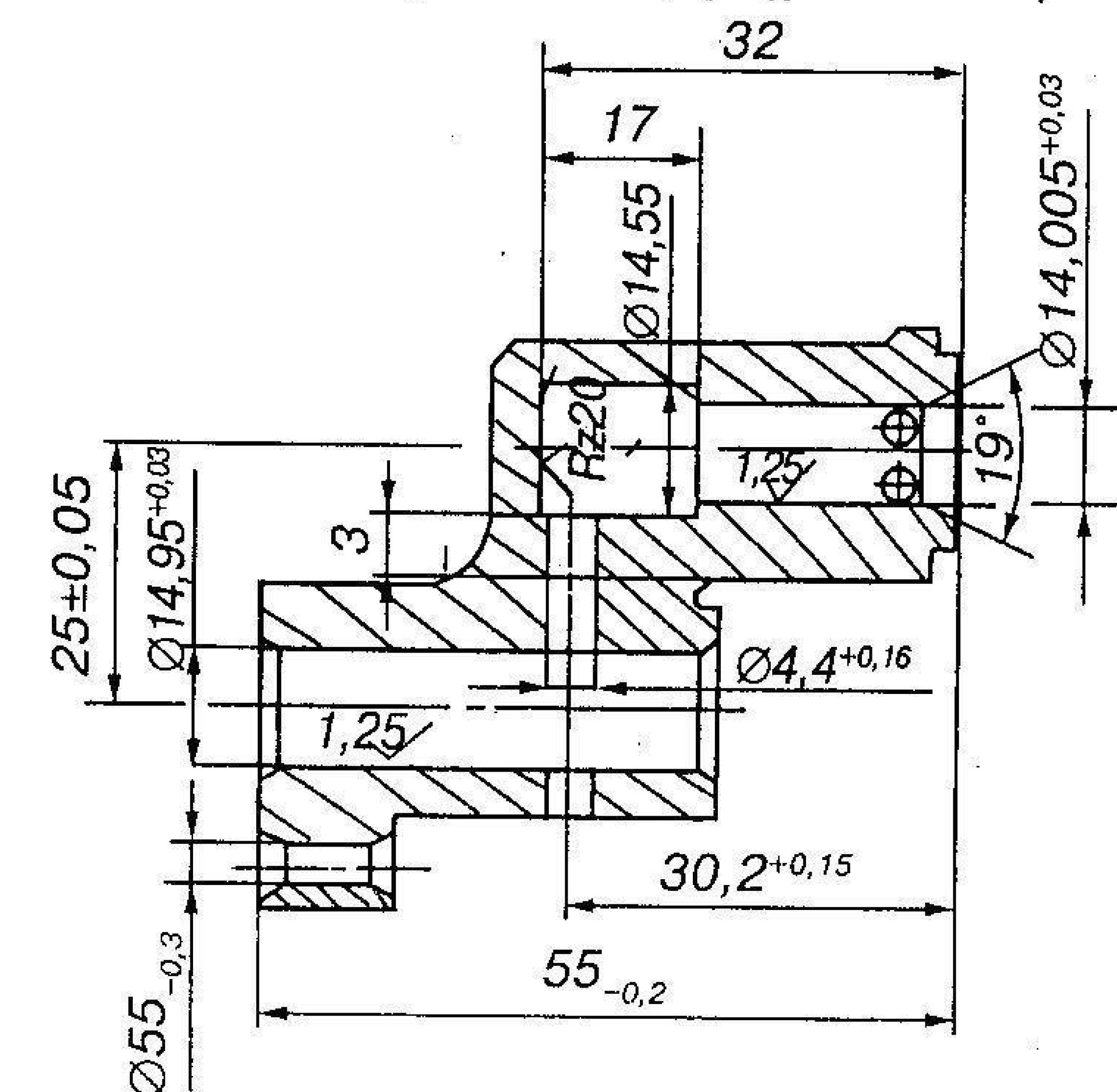


Рис. 6.1. Конструктивная схема газовой камеры

В процессе эксплуатации газоотводное отверстие и внутренняя полость патрубка подвергается эрозионному циклическому газотермическому воздействию, поэтому эти поверхности покрывают хромом.

Как правило, газовую камеру изготавливают из стали 50Л по ГОСТ 977-75, а заготовку получают литьем по выплавляемым моделям, максимально приближенной к форме и размерам готовой детали.

Технологический процесс изготовления газовой камеры представлен в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Технологический процесс механической обработки газовой камеры по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка			СОЖ	Режимы обработки				Нормы времени (мин)			
				Приспособление	Формообразующий инструмент	Мерительный инструмент		t, мм	V, м/мин	S мм/об	n, об/мин	$T_о$	$T_в$	$T_п$	$T_{шт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	Фрезерная	R10; Rz20; $10{,}4_{-0{,}33}$; $7^{+0{,}43}$	188ФАС	Фрезерное	Фреза	Вкладыш	Эмульсия	0,1	160	0,07	850	0,3	0,26	0,16	0,72
010	Сверлильная	Rz20; 1,85*min*; $13{,}95^{+0{,}43}$	88ИСМ	Сверлильное	Сверло	—	Эмульсия	0,2	37,3	0,4	850	0,1	0,07	0,06	0,23

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
015	Токарная		131ИТМ	Патрон	Резец	П-21	Эмульсия	0,2	30	0,4	630	0,13	0,12	0,12	0,37
020	Протяжная		1П (3ОП)	Протяжное	Протяжка	Калибр-пробка	Эмульсия	0,45	—	—	—	0,1	0,07	0,06	0,23
025	Фрезерная		189ФАС	Фрезерное	Фреза	Вкладыш	Эмульсия	0,1	160	0,07	850	0,3	0,26	0,16	0,72

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
030	Автоматная-токарная		15240П-6	Патрон	Резец	Калибр	Эмульсия	1,15	11	—	280	1,18	1,03	1,03	3,24
035	Протяжная		МП-305	Протяжное	Протяжка	Калибр	Эмульсия	0,45	—	—	—	0,05	0,035	0,03	0,115
040	Фрезерная		210ФСА	Фрезерное	Фреза	Вкладыш	Эмульсия	0,2	30	0,07	850	0,44	0,35	0,24	1,03

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
045	Сверлильная	$\varnothing 5{,}5^{+0,3}$; 2 отв $\varnothing 2{,}8^{+0,12}$;h15; $6\pm0{,}1$; Rz40; $13{,}5\pm0{,}12$; $25{,}5\pm0{,}1$; $7{,}5\pm0{,}1$	975ИА	Сверлильное	Сверло	—	Эмульсия	0,25	15	0,15	850	0,1	0,07	0,06	0,23
050	Сверлильная	$16{,}5^{+0,5}$; Rz40; $3{,}7\pm0{,}2$; $\varnothing 4{,}4^{+0,12}$; $30{,}2\pm0{,}15$; А; А; А—А; 4отв $\varnothing 3{,}5^{+0,5}$; 42; 1,9min	932НА	Сверлильное	Сверло	Калибр-пробка	Эмульсия	0,25	10	0,15	850	0,25	0,175	0,15	0,575

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
055	Сверлильная	2,5; $\varnothing 14{,}95^{+0,03}$	2Н125	Сверлильное	Сверло	Калибр-пробка	Эмульсия	0,2	40	0,4	850	0,1	0,07	0,06	0,23
060	Хонингование	$\varnothing 15{,}02^{+0,015}$; 1,25	Станок 3821	Хонинговальное	Алмазные бруски, хонингов. головки	Калибр-пробка	«Укринол»	0,2	40	0,15	850	0,24	0,17	0,14	0,55

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
065	Фрезерная	$2{,}5_{-0{,}2}$; $9{,}5^{+0{,}58}$; $15{,}3^{+0{,}7}$; Rz20; 60°; 2 угла	210ФАС	Фрезерное	Фреза	Вкладыш	Эмульсия	0,3	65	0,3	1300	0,08	0,07	0,04	0,19
070	Токарная	Rz20; $\varnothing 14{,}55^{+0{,}38}$; R1*; R2,5*; $17_{-0{,}43}$; $32^{+0{,}28}$; 1,5min; * Размер от инструмента	95ТС	Патрон	Резец	Калибр	Эмульсия	0,3	35	0,6	630	0,1	0,08	0,08	0,26

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
075	Токарная	9,1±0,05; Rz20; 18min; 25±0,05; $13{,}87^{+0{,}055}$	131ИТМ	Патрон	Резец	Пробка	Эмульсия	0,3	40	0,6	850	0,08	0,07	0,07	0,22
080	Токарная	Rz20; P; I; 1,8min; $32{,}74^{+0{,}3}$; R2,5*; Ø1,25*; 1max; 1. *Размер обеспеч. инстр. 2. Охлаждение: масло растит. льняное ГОСТ 5791-81	95ТС	Патрон	Резец	Калибр	Эмульсия	0,3	38	0,6	850	0,07	0,06	0,06	0,19

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
085	Сверлильная	30,2±0,15; $4,5^{+0,3}$; $4,52^{+0,14}$; Rz20 Охлаждение: эмульсия; жир животный технич. ГОСТ 1045-73	975ИА	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	0,2	16	0,15	850	0,25	0,175	0,15	0,575
090	Сверлильная	Ø$14,007^{+0,016}$; 2,5	2Н125	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	0,2	42	0,4	850	0,06	0,04	0,04	0,14

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
095	Сверлильная	35°; Rz20; $3,7^{+0,16}$; 0,6±0,2 *Размер обеспечив. инструментом	975ИА	Сверлильное	Сверло	Калибр	Эмульсия	0,4	14	0,13	850	0,045	0,035	0,03	0,11
100	Сверлильная	Ø$3,52^{+0,28}$ 4 отв; Rz40; 22°; снять заусеницы	МЭС-8	Сверлильное	Сверло	Калибр	Эмульсия	0,45	14	0,13	850	0,045	0,035	0,03	0,11

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
105	Сверлильная	$\varnothing 15{,}3^{+0{,}24}$; 2,5; 19°	1И611Л	Сверлильное	Развёртка	Калибр-пробка	Эмульсия	0,04	40	0,4	850	0,02	0,015	0,012	0,047
110	Хонинговальная	$\varnothing 14{,}04^{+0{,}02}$; 1,25; 25±0,05	3821	Хонинговальное	Алмазные бруски, хонинговальные головки	Калибр-пробка	«Укринол»	0,2	40	0,15	850	0,16	0,12	0,1	0,38

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
115	Контрольная	Контролировать по основным ответственным размерам				КП-1									

6.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШТОКОВ (ПОРШНЕЙ)

Шток (поршень) служит элементом для перемещения затворной рамы в крайнее заднее положение. Он жестко соединен с затворной рамой и является единым звеном автоматики оружия.

В процессе эксплуатации он испытывает продольные и поперечные изгибные ударно-циклические нагрузки, поэтому к материалу для штоков предъявляются высокие требования по прочности и ударной вязкости.

Таким требованиям удовлетворяют стали 50РА, 30ХРА по ОСТ 3-98-88. Детали подвергают термической обработке до твердости $HRC_э$ 37-42 единицы.

Исходным полуфабрикатом является круглый горячекатаный прокат нормальной точности. Затем этот полуфабрикат подвергается переделу для изготовления заготовок с целью увеличения КИМ.

Для этого используют поперечно-клиновую прокатку (раскатку) или радиальное обжатие.

Маршрутный технологический процесс изготовления штока по основным операциям приведен в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Технологический процесс механической обработки штока по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка			СОЖ	Режимы обработки				Нормы времени (мин)			
				Приспособление	Формообразующий инструмент	Мерительный инструмент		t, мм	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	$T_о$	$T_в$	$T_п$	$T_{шт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	Отрезная	Ø16; 88_{-1}	Пресс К213ОБ	Фрезерное	Фреза	Калибр	Эмульсия	—	0,33	0,5	80	0,02	0,017	0,017	0,06
010	Бесцентрово-шлифовальная	$Ø15,7_{-0,15}$; 2,5	3М182	Шлифовальное	Шлифовальный круг	Штангенциркуль	Эмульсия	0,3	31	0,2	3000	0,23	0,13	0,2	0,56

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
015	Фрезерно-центровальная	Rz40 (√); 86; 2x25°+0,5°; Ø9-0,5; Rz40; 1 10,3 Ⓜ A; I; В; 25°*; I(2:1); Rz20; Ø15,7-0,15; 60°*; Ø25*; В; A; 4+0,5; Ø5,5+0,5; *Размер обеспечив. инстр.	1247ИФ	Фрезерное	Фреза	Калибр	Эмульсия	—	16,8	68	1708	0,4	0,35	0,22	0,97
020	Радиально-обжимная	165,5-0,7; 136,5*2; Ø11,7; Б; 4*1; 15-0,5; Ø8-0,36; 6*2; 19*2; 8°*1; 1* Размер от инструмента 2. Внешний вид и шероховатость пов Б по контрольному образцу 3*2 Размеры для справок	Радиально-обжимная машина SHK-10	Приспособление для радиального обжатия	Цанга	Калибр	Эмульсия	—	0,085	0,085	—	0,93	0,82	0,51	2,26

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
025	Шлифовальная	2,5 (√); Ø11,24-0,04; Ø13,88-0,02; A; ◎ R0,1 Ⓜ A	3Б153	Шлифовальное	Круг шлифовальный	Штангенциркуль	Эмульсия	0,2	30	0,2	2800	0,2	0,1	0,17	0,47
030	Резьбонакатная	Rz20 (√); I; ◎ R0,1 Ⓜ A; A; СпМ12; Ø13,88-0,02; 60°; d1=10,377; d2=11,309-0,15; d=12-0,25	Резьбонакатной «NRW»	Резьбонакатное	Резьбонакатные плашки	Штангенциркуль	Масло И-20А	—	90	0,3		0,04	0,035	0,022	0,097

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
035	Полировальная	2,5; A; $14,8_{-0,5}$	Ленточно-полировальный 3Б 854	Полировальное	Алмазная шкурка	Штангенциркуль	Эмульсия	0,05	50	0,2	3500	1	0,55	0,9	2,45
040	Продольно-фрезерная	Rz20; A; A; $161,7_{-0,55}$	189ФАС	Фрезерное	Фреза	Калибр	Эмульсия	1,9	35	0,11	160	0,02	0,017	0,011	0,05
045	Продольно-фрезерная	4; I; I; Сфера R16±1*; 2,5; Ø14,5; *Размер от инструмента	210ФАС	Фрезерное	Фреза	Шаблон	Эмульсия	1,5	151	0,6	1600	0,011	0,009	0,005	0,024

Продолжение таблицы 6.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
050	Плоскошлифовальная	2,5; $161,5_{-0,8}$	3Г71М	Шлифовальное	Круг шлифовальный	Штангенциркуль	Эмульсия	0,2	35	0,2	3000	0,06	0,03	0,04	0,13
055	Контрольная	Контролировать по основным ответственным размерам	Стол контрольный			КП-1									

7. ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ УДАРНО-СПУСКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Ударный и спусковой механизмы оружия объединены в общий узел, который размещается внутри ствольной коробки на трех специальных осях.

Ударно-спусковой механизм оружия состоит из ударника, расположенного в затворе, вращающегося курка, боевой пружины, автоспуска, спускового крючка с передним шепталом (шепталом автоматического огня), заднего шептала (шептала одиночного огня), замедлителя курка и переводчика-предохранителя.

Все эти детали в процессе эксплуатации работают в условиях динамического и статического нагружения, а также подвергаются износу.

Курок и основание замедлителя изготовляют из литейных сталей 35ХГСЛ и 30Х3С3ГМЛ по ГОСТ 977-75, спусковой крючок и автоспуск - из стали 50Л по ГОСТ 977-75, а защелку замедлителя - из стали 30ХРА ОСТ 3-98-88. Стали подвергаются вакуумно-дуговому переплаву.

Заготовки получают литьем по выплавляемым моделям, а заготовкой для защелки замедлителя служит фасонный профиль.

Все детали проходят термическую обработку (закалку и отпуск) на твердость $HRC_э$ 37-42 единицы.

Краткие маршрутные технологические процессы изготовления деталей ударно-спускового механизма представлены в табл. 7.1-7.5.

Таблица 7.1

Технологический процесс механической обработки курка по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка: Приспособление	Технологическая оснастка: Формообразующий инструмент	Технологическая оснастка: Мерительный инструмент	СОЖ	Режимы обработки: t, мм	Режимы обработки: V, м/мин	Режимы обработки: S, мм/об	Режимы обработки: n, об/мин	Нормы времени (мин): $T_о$	Нормы времени (мин): $T_в$	Нормы времени (мин): $T_п$	Нормы времени (мин): $T_{шт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	Обрезная	A; литник; 10±0,3; Rz80	К213ОБ	Фрезерное	Фреза	Скоба	Эмульсия					0,06	0,05	0,02	0,13
010	Продольно-фрезерная	Rz20; $10_{-0,28}$	202ФАС	Фрезерное	Фреза	Штангенциркуль	Эмульсия	0,4	57	0,03	180	0,7	0,62	0,4	1,72

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
015	Сверлильная	Ø4$^{+0,1}$; ◎ Ø0,1 A; Rz40; 90°; A	975ИА	Сверлильное	Сверло	Калибр-пробка	Эмульсия	2,22	16,7	0,03	1200	0,37	0,26	0,22	0,85
020	Вертикально-сверлильная	Ø4,75$^{+0,12}$; Rz20; 4,5±0,1; 3±0,2	424ИС	Сверлильное	Зенкер	Калибр-пробка	Эмульсия	0,17	11	0,5	750	0,04	0,03	0,024	0,094

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
025	Вертикально-сверлильная	60°; Rz20; 1,5max с двух сторон; 90°; 3±0,2; Ø4,8$^{+0,08}$	424ИС	Сверлильное	Развертка	Калибр	Эмульсия	—	22	0,5	700	0,02	0,015	0,012	0,47
030	Продольно-фрезерная	6$_{-0,4}$; 39$_{-0,12}$; 40$_{-0,34}$; R7$^{+0,05}_{-0,35}$; Rz20	189ФАС	Фрезерное	Фреза	Вкладыш	Эмульсия	0,2	45	100	200	1,2	1,06	0,66	2,92

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
035	Продольно-фрезерная		189ФАС	Фрезерное	Фреза	Вкладыш	Эмульсия	0,4	45	0,154	160	2,54	2,25	1,41	6,2
040	Копировально-фрезерная		96КП-2 (6520К)	Фрезерное	Фреза	Линейка	Эмульсия	0,8	74	0,4	1950	0,04	0,035	0,02	0,095

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
045	Копировально-фрезерная		96КП-2 (6520К)	Фрезерное	Фреза	Линейка	Эмульсия	0,8	170	0,4	1700	0,09	0,08	0,05	0,22
050	Продольно-фрезерная		202ФАС	Фрезерное	Фреза	Линейка	Эмульсия	0,04	34	0,2	200	0,76	0,67	0,42	1,85

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
055	Вертикально-сверлильная	Ø5,04$^{+0,08}$; 2,5	424ИС	Сверлильное	Развертка	Калибр-пробка	Эмульсия	0,15	8	0,4	540	0,06	0,42	0,36	0,138
060	Продольно-фрезерная	31$_{-0,5}$; 40°$^{+1'}$; 14,5$_{-0,15}$; 2,5	210ФАС	Фрезерное	Фреза	Штангенциркуль	Эмульсия	0,1	22	0,12	1400	0,15	0,13	0,08	0,36

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
065	Плоскошлифовальная	21; 11±0,2; R5; R10$_{-0,2}$; R0,5; R5; 2,5; Rz20; Допуск по контуру −0,35 мм	3Г71	Шлифовальное	Круг шлифовальный	Штангенциркуль	Эмульсия	0,05	31	0,2	3000	0,04	0,02	0,03	0,09
070	Продольно-фрезерная	5,2$_{-0,6}$; 90°; 1°; 2,3±0,1; 2,5	210ФАС	Фрезерное	Фреза	Штангенциркуль	Эмульсия	0,04	106	0,8	1700	0,1	0,09	0,05	0,24

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
075	Вертикально-сверлильная	90°; 1,5±0,3; 2,5	2Н115ПМ	Сверлильное	Зенковка	Калибр-пробка	Эмульсия	—	10,6	0,5	700	0,03	0,02	0,02	0,07
080	Контрольная	Контролировать по основным ответственным размерам	Стол контрольный			Многомерный контрольный прибор (КП-1)									

Таблица 7.2

Технологический процесс механической обработки замедлителя по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка: Приспособление	Технологическая оснастка: Формообразующий инструмент	Технологическая оснастка: Мерительный инструмент	СОЖ	Режимы обработки: V, м/мин	Режимы обработки: S, мм/об	Режимы обработки: n, об/мин	Нормы времени (мин): $T_о$	Нормы времени (мин): $T_в$	Нормы времени (мин): $T_п$	Нормы времени (мин): $T_{шт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
005	Фрезерная	$18,5^{+0,16}$; R1; $8_{-0,59}$; 90°; Rz40	188ФАС	Фрезерное	Фреза (И-1)	Вкладыш	Эмульсия	165	204	660	2,1	2,1	1,5	5,7
010	Фрезерная	R15; 9,5±0,5; R5; R1; R7,5; 10°; 1±0,2; 24,5±0,2; Rz20	189ФАС	Фрезерное	Фреза фасонная (И-2)	Вкладыш	Эмульсия	35	115	160	2,7	2,4	1,5	6,6

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
015	Агрегатно-сверлильная	1,25; Ø3$^{+0,06}$; 21,5±0,1; 5,5±0,1; 24,5$^{+0,6}$; Ø6,4$^{+0,08}$; 4,5$_{-0,3}$	404ИА	Сверлильное	Сверло(И-3), Развертка(И-4)	—	Эмульсия	188	65	1000	0,5	0,6	0,5	1,6
020	Фрезерная	Rz20; 2,5$^{+0,2}$; R1,25; 5,8$_{-0,16}$; 12	210ФАС	Фрезерное (П-5)	Фреза(И-5)	Скоба	Эмульсия	720	1640	154	1,1	1	0,6	2,7

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
025	Агрегатная	2,5; 70°±2′; 7°; 20,7$_{-0,18}$; 11,9±0,1	83АСМ	Фрезерное (П-6)	Фреза (И-6)	Вкладыш	Эмульсия	760	1500	188	2,3	2	1,4	5,7
030	Копировально-фрезерная	Rz20; 90°±30′; 1,5$_{-0,25}$; 4$_{-0,1}$; 5,2$_{-0,48}$	96КП-2	Фрезерное (П-7)	Фреза (И-7)	Скоба	Эмульсия	420	1420	46	1,4	1,2	0,8	3,4

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
035	Контрольная	Контролировать по основным ответственным размерам	Стол контрольный			КП-1								

Таблица 7.3

Технологический процесс механической обработки спускового крючка по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка			СОЖ	Режимы обработки			Нормы времени (мин)			
				Приспособление	Формообразующий инструмент	Мерительный инструмент		V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	$T_о$	$T_в$	$T_п$	$T_{шт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
005	Фрезерная	42; 3,9; Rz40	189ФАС	Фрезерное	Фреза концевая(И-1)	Скоба (ИМ1)	Эмульсия	188	500	500	2,2	1,96	1,22	5,38
010	Фрезерная	12±0,3; Rz20; 90°	188ФАС	Фрезерное	Фреза (И-2)	Скоба (ИМ2)	Эмульсия	197	600	600	2,7	2,4	1,5	6,6

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
015	Фрезерная	Rz20; 1,5±0,7; R3; 15°; 3min; 90°; $2_{-0,25}$	188ФАС	Фрезерное	Фреза (И-3), напильник	Скоба (ИМ3), угольник, щуп	Эмульсия	278	860	1800	3,25	2,89	1,81	7,95
020	Фрезерная	Rz20; $14,92_{-0,15}$	188ФАС	Фрезерное	Фреза (И-4), напильник	Скоба (ИМ4)	Эмульсия	386	1000	1900	2,3	2,04	1,28	5,62

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
025	Фрезерная	90°; Rz20; 90°; $40,4_{-0,36}$	210ФАС	Фрезерное	Фреза (И-5), напильник	Скоба, линейка	Эмульсия	245	515	1200	2,3	2,04	1,28	5,62
030	Фрезерная	10,55; 75°; $9,5^{+0,5}$; $3,5_{-0,2}$; Rz20; R1	210ФАС	Фрезерное	Фреза (И-6)	Линейка,скоба	Эмульсия	197	600	1900	3,1	2,72	1,72	7,58

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
035	Фрезерная	9,3±0,3; Rz20; 2,8; R0,3$_{-0,5}$; 8,5$^{+0,35}$	189ФАС	Фрезерное	Фреза концевая(И-7), напильник	Скоба, глубиномер	Эмульсия	415	1100	1050	3,3	2.9	1.83	8.03
040	Агрегатная	4±0,05; 8±0,1; Rz20; 19,82±0,08; 2,5; Ø6,04±0,058; 1,5$^{+0,4}$; 3,55±0,15; Ø4$^{+0,48}$	ХА417(МЭС-8)	Агрегатное	1.Сверло 4,05 Р6М5 с заточкой 180 (И-8) 2.Сверло 5,8(И-9) 3.Развёрт-ка(И-10) Напильник	Пробка, щуп	Эмульсия	20 31,5 25,4	1600 2100 1600	210 210 1100	3,6	2,52	2,16	8,28

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
045	Фрезерная	0,3; 9,2$^{+0,4}$; 2; 1; R16; 5,5$^{+0,3}$	210ФАС	Фрезерное	Фреза (И-11)	Вкладыш (ИМ16)	Эмульсия	62	600	130	2,4	2,13	1,33	5,86
050	Протяжная	А; Вид А; Rz20; 19,5±0,16; 12$_{-0,43}$; 20°; 0,9; 5,5; 1,5; 30°; 0,4max; 13±0,12	МП7712-028	Протяжное	Протяжка (И-12), Протяжка(И-13), Протяжка(И-14)	Линейка	Эмульсия	10,5	—	—	1,9	1,69	1,06	4.65

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
055	Фрезерная	A; $1{,}5^{+0{,}4}$; 10±0,2; Rz20; 45°; A; R0,5 A—A; $8^{+0{,}9}$	202ФАС	Фрезерное	Фреза (И-15)	Вкладыш(ИМ19)	Эмульсия	133	500	440	2,1	1,87	1,17	5,14
060	Фрезерная	Rz20; 8; R8; 6; 45°; 1,5; 45°; 1±0,3	202ФАС	Фрезерное	Фреза(И-16)	Скоба(ИМ20)	Эмульсия	133	500	440	3,1	2,76	1,72	7,58

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
065	Термическая: 1. Закалить HRCэ38,5...45,5; 2 Править деталь (по технологии отдела гл.металлурга)	$2^{+0{,}1}_{-0{,}25}$; 90°±15′			Молоток ГОСТ2310-77									
070	Сверлильная	1,25; Ø6,04+0,1; притупить 0,2–0,4	2Н106П-2	Сверлильное	1.Развёрт-ка (И-17), 2.Зенков-ка Р6М5 7*90' (В-18)	Пробка (ИМ-21)	Эмульсия	15,4 11	500 560	350 20	2,4	2.13	1,33	5,88

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
075	Контрольная	Провести контроль по основным размерам и качеству детали												
080	Термическая	Отпуск стабилизирующий при Т = 200 – 220 С° в масле типа «Вапор» (по технологии отдела гл. металлурга)												
085 к	Контрольная	Провести контроль по всем основным размерам и качеству детали												
090	Антикоррозионная	Химическое фосфатирование хромом, пропитать клеем БФ-4 ГОСТ 12172-74 с нигрозином марки А ГОСТ 9307-78 (по технологии отдела гл. химика)												
095	Смазочная	Использовать ружейное масло												

Таблица 7.4

Технологический процесс механической обработки автоспуска по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка: Приспособление	Формообразующий инструмент	Мерительный инструмент	СОЖ	Режимы обработки: t, мм	V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	Нормы времени (мин): $T_о$	$T_в$	$T_п$	$T_{шт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	Продольно-фрезерная	A; $2,6_{-0,3}$; A; Rz80; 90°	188ФАС	Фрезерное	Фреза	Вкладыш	Эмульсия	6	338	0,08	1710	0,043	0,038	0,024	0,105
010	Агрегатная	Rz20; $1,2^{+0,4}$; 90°; Ø5,06; 1min	413ИА	Сверлильное	Сверло	Калибр	Эмульсия	—	16,8	0,113	1068	0,042	0,029	0,025	0,025

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
015	Сверлильная	12^{-1}; Rz80; $Ø4,7^{+0,1}$	424ИС	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	2,35	15,9	0,113	1068	0,12	0,09	0,072	0,276
020	Сверлильная	Rz80; $Ø4,5^{+0,1}$	424ИС	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	2,25	15,2	0,113	1068	0,09	0,063	0,054	0,207

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
030	Сверлильная	Rz40; $Ø4,9^{+0,12}$	424ИС	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	0,2	12,2	0,226	796	0,11	0,077	0,066	0,26
035	Сверлильная	Rz20; $Ø4,98^{+0,08}$	424ИС	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	0,04	8	0,35	510	0,16	0,11	0,09	0,36

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
040	Развёртывание	Rz20; 90°; 1min; Ø5,0$^{+0,08}$	424ИС	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	0,03	8	0,35	510	0,16	0,11	0,09	0,36
045	Вертикально-сверлильная	Ø5,2$^{+0,05}$; Rz40; A; A; 0,3x45°	МЭС-8	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	—	18,2	Ручная	830	0,01	0,007	0,006	0,027

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
050	Продольно-фрезерная	R0,8; Rz20; 1,8$_{-0,15}$; 90°; 2,3$_{-0,15}$; 40°; 45°; 4,3$_{-0,48}$	210ФАС	Фрезерное	Фреза	Шаблон	Эмульсия	0,7	392	0,06	1920	0,044	0,04	0,024	0,108
055	Сверлильная	Ø5,03$^{+0,02}$; Rz20; 0,3x45°	424ИС	Сверлильное	Зенкер	Пробка	Эмульсия	—	22	Ручная	1000	0,01	0,007	0,006	0.027

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
060	Вертикально-сверлильная	А; Ø1,5$^{+0,25}$; 1,8±0,2; А; R10,8±0,2; Rz40	424ИС	Сверлильное	Сверло	Пробка	Эмульсия	0,8	13,2	Ручная	2800	0,12	0,09	0,072	0,29
065	Вертикально-сверлильная	А; А; Rz20; Ø5,04$^{+0,01}$	424ИС	Сверлильное	Развёртка	Пробка	Эмульсия	—	15,7	Ручная	1000	0,03	0,021	0,02	0,071

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
070	Продольно-фрезерная	79°; 1,3; 0,5$_{-0,2}$; 2,5; Rz20; 0,9$^{+0,2}_{-0,3}$; 4±0,1; 14,6$_{-0,1}$	184ФАС	Фрезерное	Фреза	Вкладыш	Эмульсия	1,4 2	136 223	0,06 0,06	850 1130	0,02 0,01	0,017 0,009	0,01 0,005	0,047 0,024
075	Контрольная	Контролировать по основным ответственным размерам	Стол контрольный			КП-1									

Таблица 7.5

Технологический процесс механической обработки защелки замедлителя по основным операциям

№ операции	Наименование операции	Эскиз операции	Оборудование	Технологическая оснастка: Приспособление	Формообразующий инструмент	Мерительный инструмент	СОЖ	Режимы обработки: V, м/мин	S, мм/об	n, об/мин	Нормы времени, мин: $T_о$	$T_в$	T	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
005	Фрезерная	2,5; Rz20; 90°±30; $10{,}3_{-0{,}24}$	189ФАС	Фрезерное	Фреза (И-1)	Вкладыш	Эмульсия	38,1	0,07	100	0,328	0,29	0,19	0,81
010	Фрезерная	$6{,}6_{-0{,}3}$; Rz20; R1; 10°±2′; $3_{-0{,}4}$	210ФАС	Фрезерное	Фреза (И-2)	Скоба	Эмульсия	241	0,05	1920	0,021	0,019	0,012	0,052

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
015	Сверлильная	Rz20; 0,2x45°; $Ø2{,}96^{+0{,}06}$; 90°; $9{,}3_{-0{,}2}$; 4±0,1	975ИА	Сверлильное	1.Сверло (И-3) 2.Развертка (И-4) 3.Сверло Р6М5	Скоба	Эмульсия	18,2 5,8 9,75	0,05	2000 650 650	0,284	0,2	0,17	0,653
020	Фрезерная	А; R5; Rz20; $2{,}5_{-0{,}25}$; $4^{+0{,}1}$; 35°; А; Д; Вид Д; $3^{+0{,}12}$; $1{,}8_{-0{,}16}$; А–А; R1±0,2; 1,25	680А	Фрезерное	Фреза (И-6)	Скоба	Эмульсия	62,8	0,021	276	0,106	0,09	0,09	0,29

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
025	Копировально-фрезерная	А; R5; Rz20; 2,5−0,25; 4+0,1; 35°; А; Д; Вид Д; 3+0,12; 1,8−0,16; А—А; R1±0,2; 1,25	96КП	Фрезерное	Фреза (И-7)	Вкладыш	Эмульсия	44,1	0,03	780	0,056	0,05	0.03	0.136
030	Фрезерная	I (5:1); R0,75; Rz20; I; 1,5+0,25; 7−0,36; Б; Б—Б (5:1); R0,75; R10; 7,5−0,36; 6,9−0,36; Б	210ФАС	Фрезерное	Фреза (И-8)	Вкладыш	Эмульсия	141	0,02	1000	0,025	0,02	0,014	0.059

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
035	Сверлильная	90°; Rz20; ∅3+0,06; 0,9−0,2; 90°; 0,45+0,25	МЭС-8	Сверлильное	1.Сверло О3,0 Н11 Р6М5 (И-9) 2.Зен-ковка (И-10)	Калибр-пробка	Эмульсия	5,65 19,1	0,7 0,05	600 830	0,046	0,03	0.03	0.106
040	Контрольная	Контролировать по основным ответственным размерам	Стол контрольный			КП-1								

8. ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ ПРИЦЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

К деталям прицельных приспособлений относятся: основание мушки, мушка, колодка прицельной планки, прицельная планка и другие мелкие детали.

Основание мушки (рис. 8.1) имеет отверстие для соединения со стволом в дульной части. Нижняя часть основания является

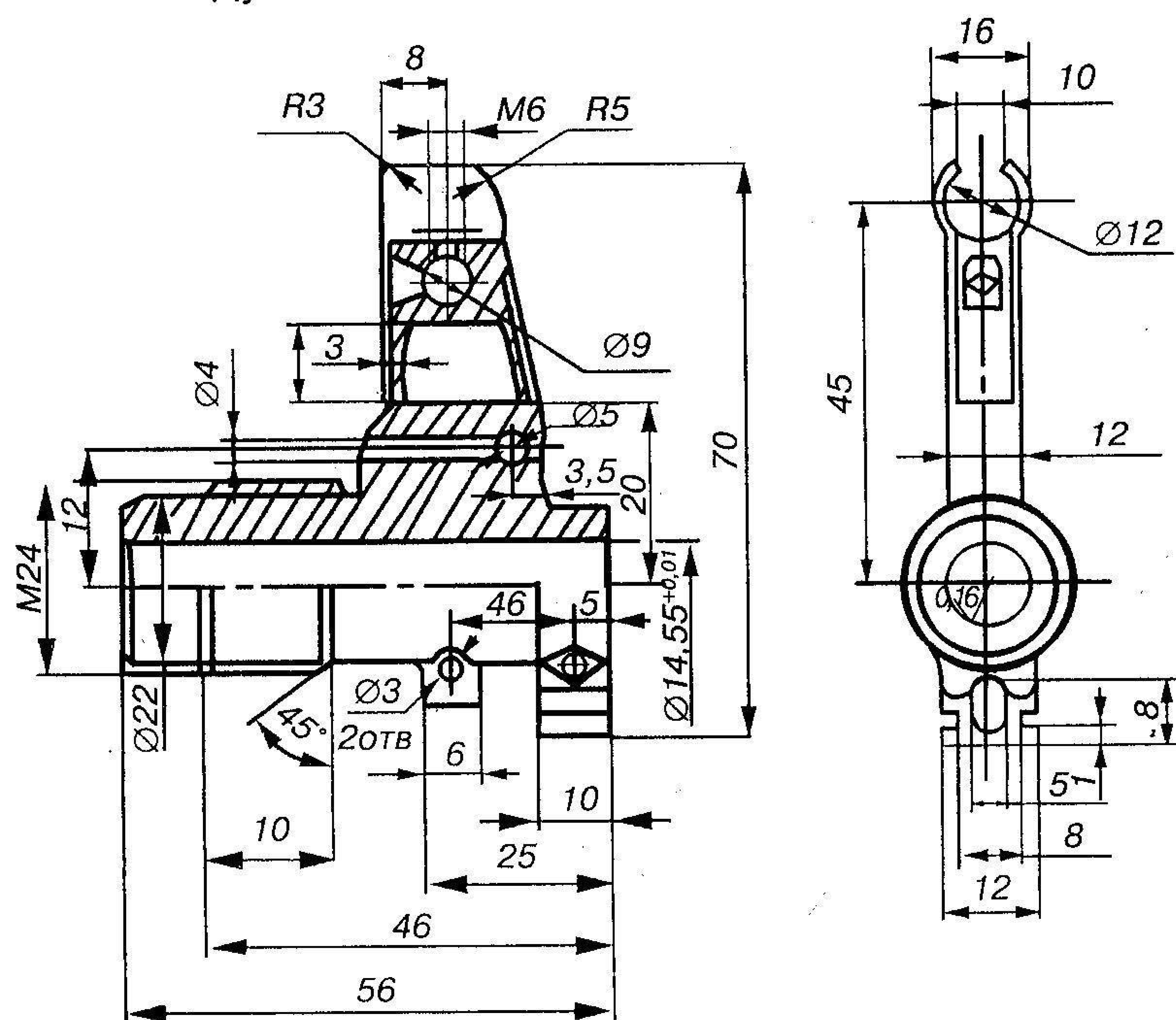


Рис. 8.1. Конструктивная схема основания мушки

упором для шомпола и рукоятки штыка-ножа, а верхняя - предохранителем самой мушки. В средней части основания мушки расположены два сквозных поперечных окна: верхнее цилиндрическое - для полозка мушки, нижнее трапециевидное - для облегчения. Еще ниже находится гнездо под стопор с пружиной, фиксирующей дульное устройство.

Все детали прицельных приспособлений в процессе эксплуатации оружия воспринимают вибрационные нагрузки.

Основание мушки и колодку прицельной планки изготовляют литьем по выплавляемым моделям из стали типа 35ХГСЛ по ГОСТ 977-75, а остальные детали - из порошковых сталей СП30Н2М или СП50Н2М по ТУ В3-30-85 четвертой группы пористости (менее 2 %) с обязательным упрочнением (например, термомеханической обработкой в режиме ВТМО). При этом получается максимальный коэффициент использования материала (0,85-0,95) с минимальным объемом механической обработки.

9. ПРОИЗВОДСТВО УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОРУЖИЯ

К упругим элементам оружия относятся пружины и торсионы. Они играют роль аккумуляторов энергии.

9.1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРУЖИН

Пружины находят исключительно большое применение в оружии.

Качество изготовления пружин определяет надежность работы как отдельных механизмов, так и оружия в целом.

В зависимости от условий работы пружины испытывают напряжения растяжения, сжатия, кручения или изгиба, что накладывает отпечаток на конструктивное оформление пружины.

Наиболее широкое применение в оружии получили винтовые пружины.

Винтовые пружины бывают одножильные и многожильные; по профилю поперечного сечения витка различают еще круглые, прямоугольные и др.

По технологическому признаку винтовые пружины подразделяются на витые и нарезаемые. Пружины навиваются в холодном или горячем состоянии.

К пружинам горячей навивки относят крупногабаритные витые пружины, изготовляемые из горячекатаного металла диаметром прутка более 7 мм. Нарезаемые пружины также являются крупногабаритными. Винтовые пружины с диаметром прутка менее 7 мм обычно навивают в холодном состоянии. Эта группа пружин наиболее распространена в стрелковом оружии.

Винтовые пружины холодной навивки делятся на три группы:

1) винтовые пружины сжатия и растяжения, работающие при больших напряжениях и динамическом действии нагрузок; к этой

группе относят боевые и возвратно-боевые пружины, пружины подавателей и др.;

2) винтовые пружины кручения и пружины кручения с одновременным сжатием и растяжением; примером пружин этой группы могут служить пружины прицельных приспособлений;

3) остальные виды винтовых пружин сжатия и растяжения - пружины защелок, стопоров, фиксаторов, спусковых механизмов и др.

В качестве основных материалов для изготовления пружин применяется:

1. Сталь качественная, рессорно-пружинная, горячекатаная, сортовая, марок 60С2А, 50ХФА, 65С2ВА.

По форме поперечного сечения штанги бывают круглые, квадратные, прямоугольные, двояковогнутые и трапециевидные.

После навивки или нарезки пружины подвергают термической обработке (закалке и отпуску).

2. Проволока стальная, легированная, пружинная, специального назначения. После навивки (горячей и холодной) пружины подвергают термической обработке (закалке и отпуску).

Проволоку изготовляют из стали марки 60С2А (допускаются марки 50ХФА или 65С2ВА).

3. Стальная углеродистая (У8А), холоднотянутая (патентированная) проволока для изготовления пружин, навиваемых в холодном состоянии и не подвергаемых закалке.

Пружины из патентированной проволоки подвергают низкому отпуску, не выше 350°С, для снятия внутренних напряжений.

Пружины с диаметром проволоки 3 мм и менее, как правило, изготовляются из патентированной проволоки.

В зависимости от предела прочности при растяжении проволока изготовляется трех классов: нормальной, повышенной и высокой прочности.

В зависимости от числа перегибов и скручиваний проволока нормальной и высокой прочности подразделяется на группы 1 и 2, а повышенной прочности - на группы 1, 2 и 3.

Условное обозначение проволоки диаметром 1,2 мм класса повышенной прочности группы 2 будет:

1,2 П - 2 ГОСТ 5047-75.

Каждая партия проволоки снабжается сертификатом, в котором указываются наименование или марка завода-изготовителя, диаметр, класс и группа проволоки, масса проволоки, марка стали, содержание вредных примесей, а также результаты механических испытаний.

Требуемые характеристики пружин, получаемые на основании специальных расчетов, исходя из условия обеспечения их нормальной работы, представляют в рабочих чертежах (рис. 9.1.).

Кроме того, в чертеже указывают группу пружины, материал пружинной проволоки, длину развернутой проволоки, число ра-

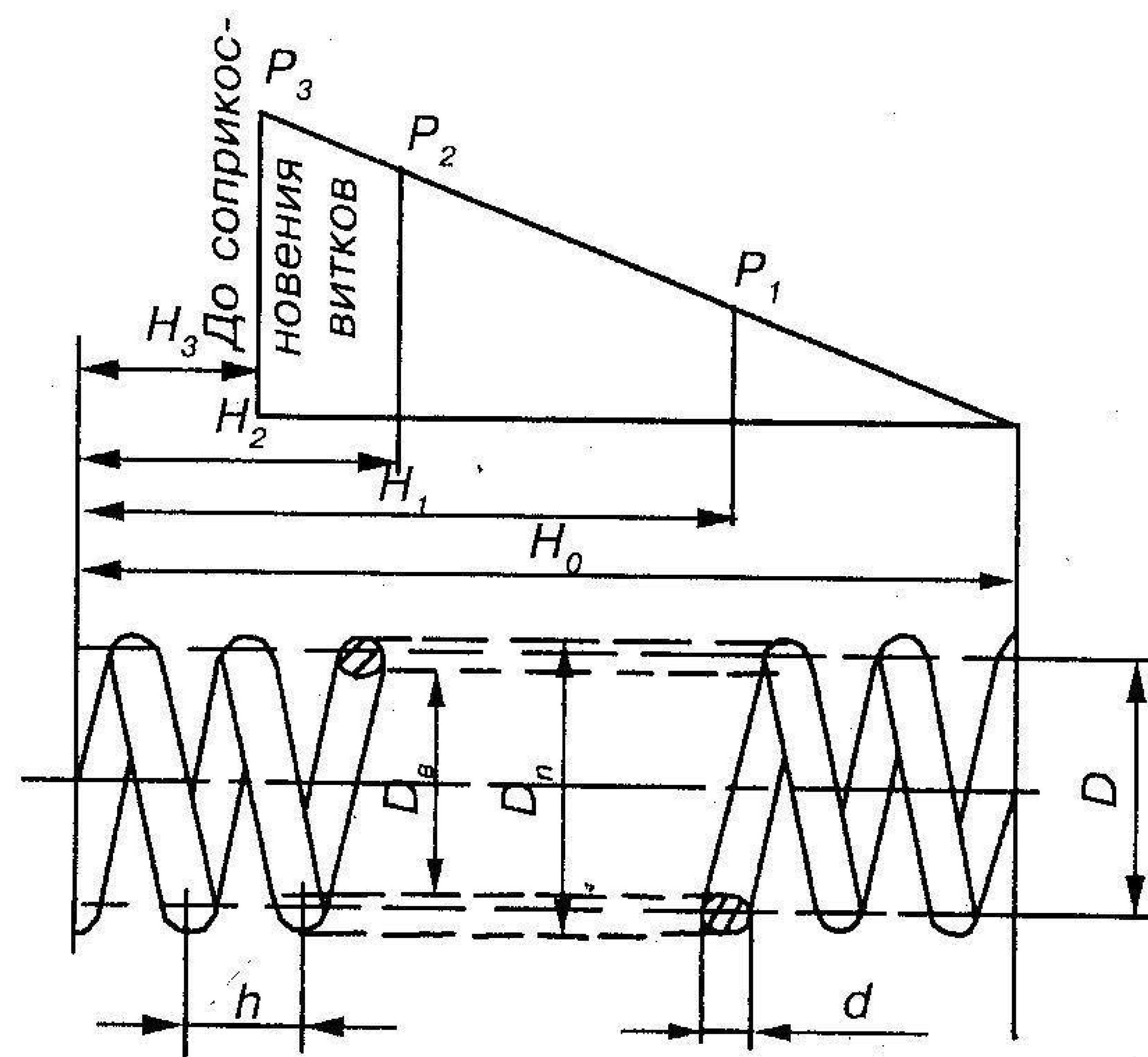


Рис. 9.1. Характеристика пружины:
Усилия: P_1 - поджатия, P_2 - рабочая нагрузка,
P_3 - до соприкосновения витков

бочих витков, модуль сдвига, условия термической обработки, а также условия испытания и приемки пружины.

ТУ на испытание и приемку: испытание в неволе производить в течение 24 часов, принимать при P_1 и P_2.

Нормальный ход технологического процесса изготовления пружин в значительной мере зависит от того, насколько правильно произведен расчет пружин и учтены неизбежные погрешности ее параметров.

Понятно, что допуски на параметры пружины должны обеспечивать требуемую жесткость, представленную силой пружины в пределах заданной длины.

Основной формулой для расчета силы (в ньютонах) пружины является:

$$P=Gd^4f/8D^3n_0, \qquad (9.1.)$$

где G - модуль сдвига пружинной проволоки в МПа;

d - диаметр проволоки в мм;

D - расчетный (средний) диаметр пружины в мм:

$$D = (D_н + D_в)/2, \qquad (9.2.)$$

где $D_н$ и $D_в$ - соответственно наружный и внутренний диаметры пружины; осуществление этих диаметров зависит от диаметра оправки для навивки пружины;

n_0 - рабочее число витков;

f - деформация или стрела поджатия пружины в мм.

Для пружин сжатия

$$f = H_0 - H_f, \qquad (9.3.)$$

где H_0 - длина пружины в свободном состоянии,

H_f - длина пружины при соответствующей нагрузке.

Необходимая взаимосвязь допусков на параметры пружин устанавливается по уравнению:

$$\delta P/P = \delta G/G + 4\delta d/d + \delta(H_0 - H_f)/(H_0 - H_f) + 3\delta D/D + \delta n_0/n_0 \qquad (9.4.)$$

Допуск на модуль сдвига материала проволоки зависит от состояния металла и его однородности и может колебаться в пределах $\delta G = 3000$МПа, что, будучи отнесено к величине модуля сдвига, например для патентированной проволоки при G = 82000МПа, составит ~ 7,3%.

Допуски на диаметр пружинной проволоки даны в соответствующих ГОСТах.

Что касается δ_f, то эта величина характеризует условия работы пружины и определяется на основании размерного анализа.

Например, для возвратной пружины ручного пулемета при предварительном поджатии $\delta f/f \approx 24\%$.

В последнюю очередь, исходя из допускаемых пределов колебания силы пружины, обеспечивающих нормальную работу механизма, назначают допуски на диаметр и число витков.

Крупные винтовые пружины при сечении пруткового материала более 8 мм часто навивают в горячем состоянии. Перед навивкой производят оттяжку концов прутков, выполняемую в горячем состоянии.

Нагрев прутков перед навивкой производится в электрических, муфельных или в пламенных печах.

После нагрева до требуемой температуры (800°-880°С) пруток подается на навивочный станок. Навивка прутка производится на обычных токарно-винторезных или на специальных навивочных станках. Оправки для навивки чаще применяют гладкие с диаметром на 1-2 мм меньше заданного внутреннего диаметра пружины. Скорость навивки пружины должна быть такой, чтобы пруток не успевал остыть, что может явиться причиной трещин и других дефектов. Кроме того, снятие с оправки охлажденных пружин затруднительно. Шаг при навивке пружин, определяемый настройкой станка, выбирают на 5-10% больше чертежного, что определяется осадкой пружин при последующих испытаниях.

Холодная навивка является основным методом изготовления пружин стрелкового оружия. Пружины навивают на токарных станках и специальных автоматах.

Диаметр оправки, а также шаг пружины определяют опытным путем посредством предварительной навивки нескольких пробных пружин.

Процесс навивки пружин на токарном станке состоит в следующем: перед навивкой конец проволоки пропускается через отверстие направляющей зорьки, закрепляемой в резцедержателе суппорта, конец протаскивается до оправки и закрепляется

на последней при помощи хомутика. После этого навивают вручную плотно два-три витка и включают ходовой винт. После навивки требуемого числа витков станок останавливается и вновь навиваются плотные два-три витка.

Существенное влияние на размеры пружины при данных оправке, шаге навивки и свойствах пружинной проволоки оказывает натяжение проволоки при навивке, что является одним из недостатков навивки пружин на токарных станках. Этого недостатка нет при навивке пружин на специальных станках-автоматах (рис. 9.2).

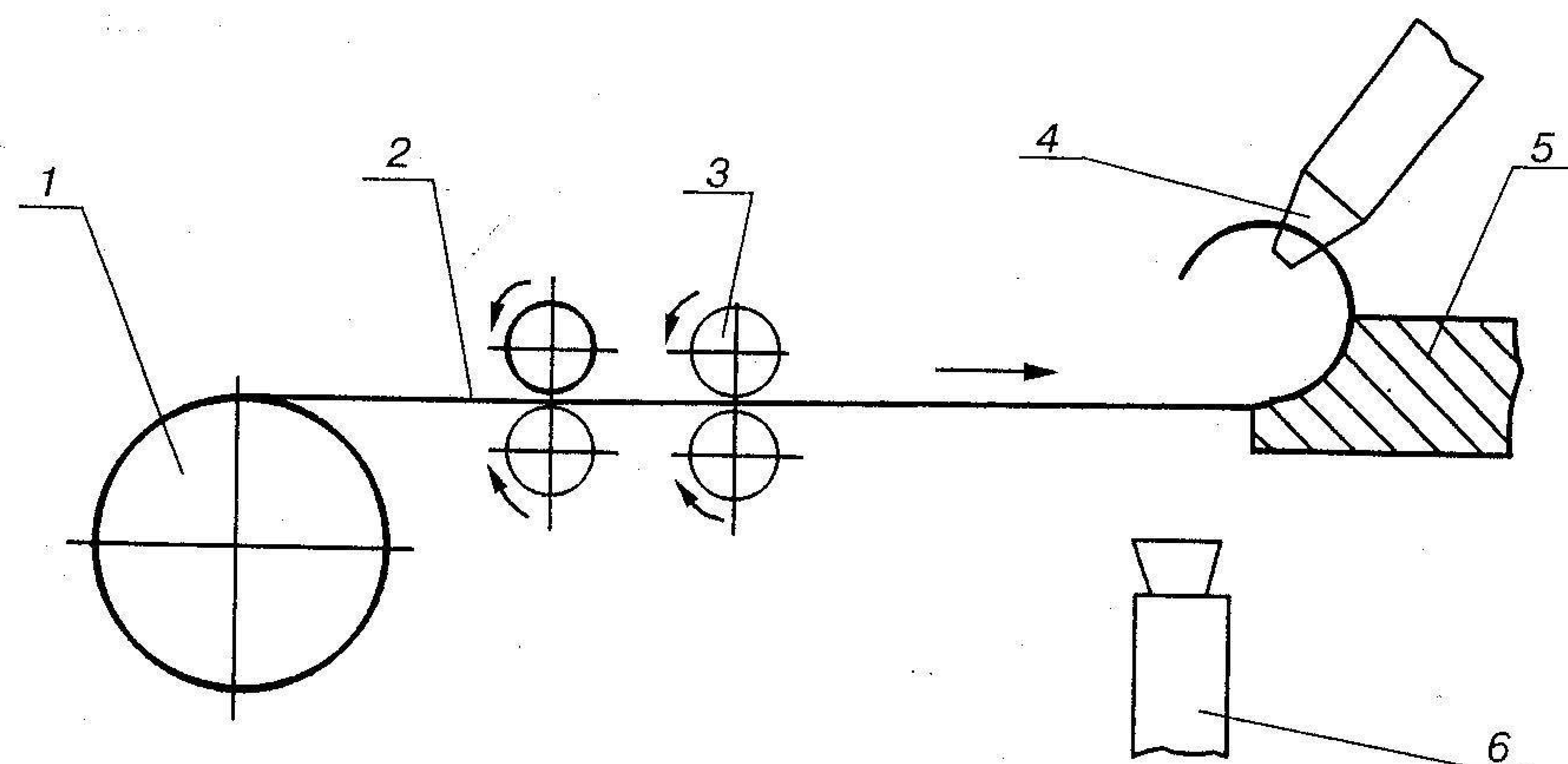


Рис. 9.2. Схема безоправочной навивки пружин на станках-автоматах:
1 - бунт проволоки, *2* - проволока, *3* - ролики направляющие,
4 - шаговый нож, *5* - копир, *6* - нож отрезной

Широко применяются в оружии многожильные пружины. В практике изготовления многожильных пружин применяют два способа:

а) раздельное изготовление троса и навивка пружины;

б) одновременное скручивание троса и навивка многожильной пружины.

Опыт работы оружейных заводов показывает, что второй способ обеспечивает более высокую производительность и качество пружин.

Схема навивки многожильной пружины на токарном станке при одновременном скручивании троса и навивки пружины показан на рис. 9.3.

Предварительно проволока из бунтов наматывается на кассеты *3*. Число кассет соответствует числу жил пружины. Рамка с кассетами от ходового валика, связанного с коробкой скоростей станка, через сменные шестерни получает вращение, обеспечивающее скручивание проволоки в трос.

От кассет отдельные проволоки пропускают через зорьку, имеющую столько отверстий, сколько жил имеет пружина.

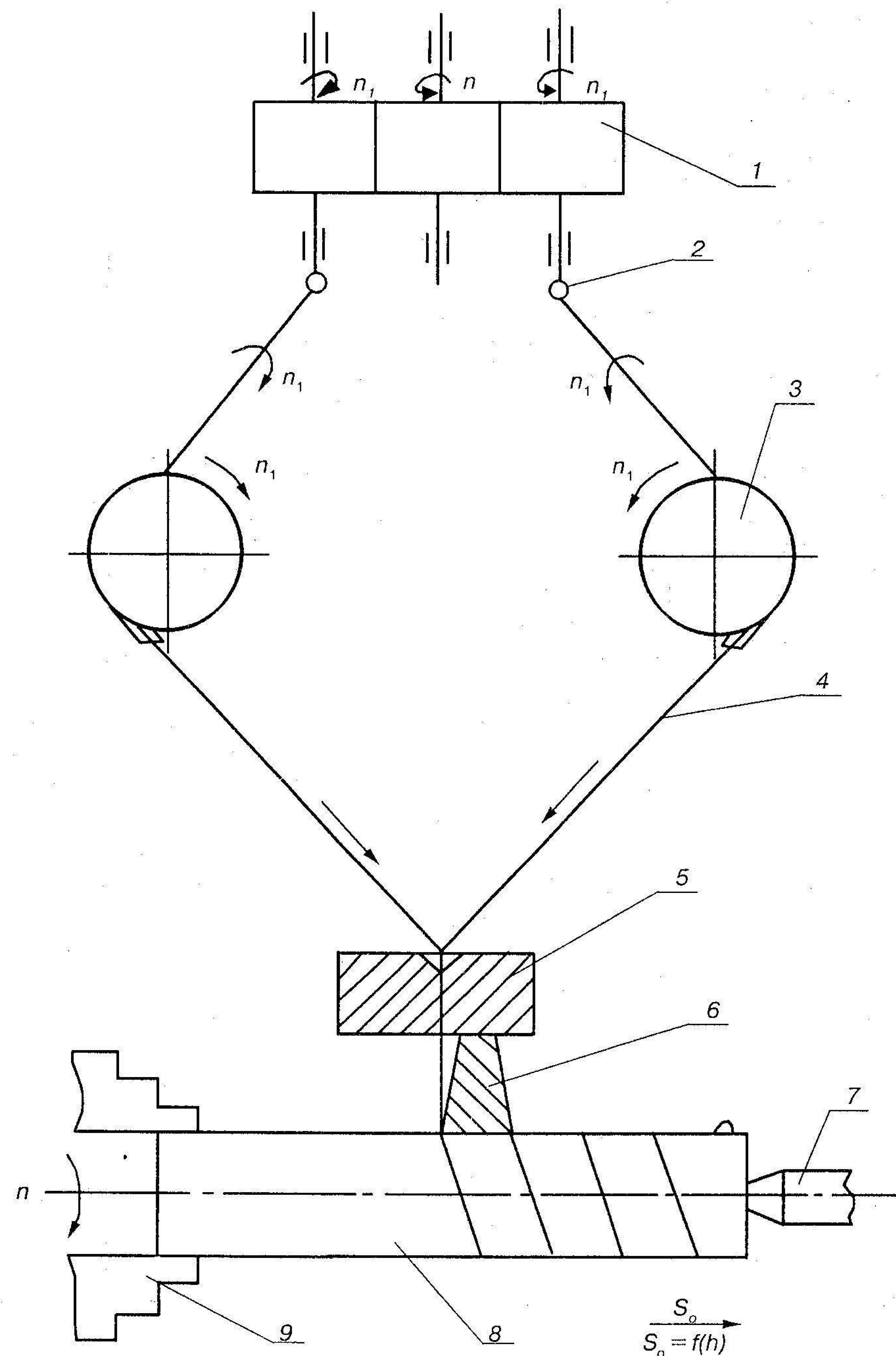


Рис. 9.3. Схема навивки многожильных пружин:
1 - привод, *2* - шарнир, *3* - кассета с проволокой, *4* - проволока,
5 - направляющая, *6* - шаговый нож, *7* - центр, *8* - оправка, *9* - патрон

Поскольку зорька получает вращение, то при выходе из нее отдельные проволоки будут закручиваться в трос и, одновременно направляясь глазком *5*, закрепленном в суппорте, полученный трос будет навиваться на оправку *8*, образуя пружину.

Концы крайних витков многожильных пружин во избежание их деформации и закручивания заваривают автогенной сваркой и подгибают с целью создания опоры при нагружении пружины.

К пружинам, получаемых резанием, в стрелковом оружии часто относятся мощные пружины амортизаторов, имеющие в большинстве прямоугольный профиль сечения витка.

После обточки заготовки по диаметру производят нарезку винтовой канавки, шаг которой устанавливают опытным путем при отладке.

Данная операция может выполняться на любом токарно-нарезном станке резцом, имеющим профиль прорезаемой канавки.

Пружины, работающие на растяжение, испытываются в неволе при их растяжении до максимальной стрелы. Пружины, работающие на кручение, испытывают в закрученном состоянии. Аналогично испытывают и пластинчатые пружины. Время выдержки определяется в рабочих чертежах или ТУ. Для пружин 1 группы время выдержки составляет обычно 24 часа, а для пружин 3 группы - 12 часов.

Пружины, подвергающиеся при работе автоматики знакопеременным нагрузкам (боевые, возвратно-боевые и др.), испытывают на стойкость (выносливость). Режим испытания указывается в чертежах или в ТУ.

Например, для проверки стойкости возвратно-боевых пружин крупнокалиберного пулемета 5% их от партии после неволи и определения силы пружины подвергают механической гонке.

Гонка проводится на специальном станке кривошипно-шатунного или эксцентрикового типа (рис. 9.4), при этом устанавливают предварительное поджатие пружины в соответствии с требованиями чертежа.

Скорость гонки устанавливают 600 сжатий в минуту, что соответствует темпу стрельбы оружия. Средняя стойкость пружин должна быть 24000 сжатий или 40 минут гонки.

При удовлетворении требованиям по стойкости все 100% пружин предъявленной партии подлежат индивидуальной гонке в течение 5 минут (3000 сжатий).

Нарезаемая пружина обычно закрепляется в патроне и подпирается центром задней бабки. Копир кинематически связан со шпинделем, при этом передаточное число цепи равно единице, и таким образом нарезаемая пружина и копир вращаются с одинаковым числом оборотов. Копир имеет две винтовые канавки: одна глубокая с шагом, равным шагу нарезаемой пружины, и с таким же направлением спирали, вторая канавка мелкая с большим шагом и обратной спиралью.

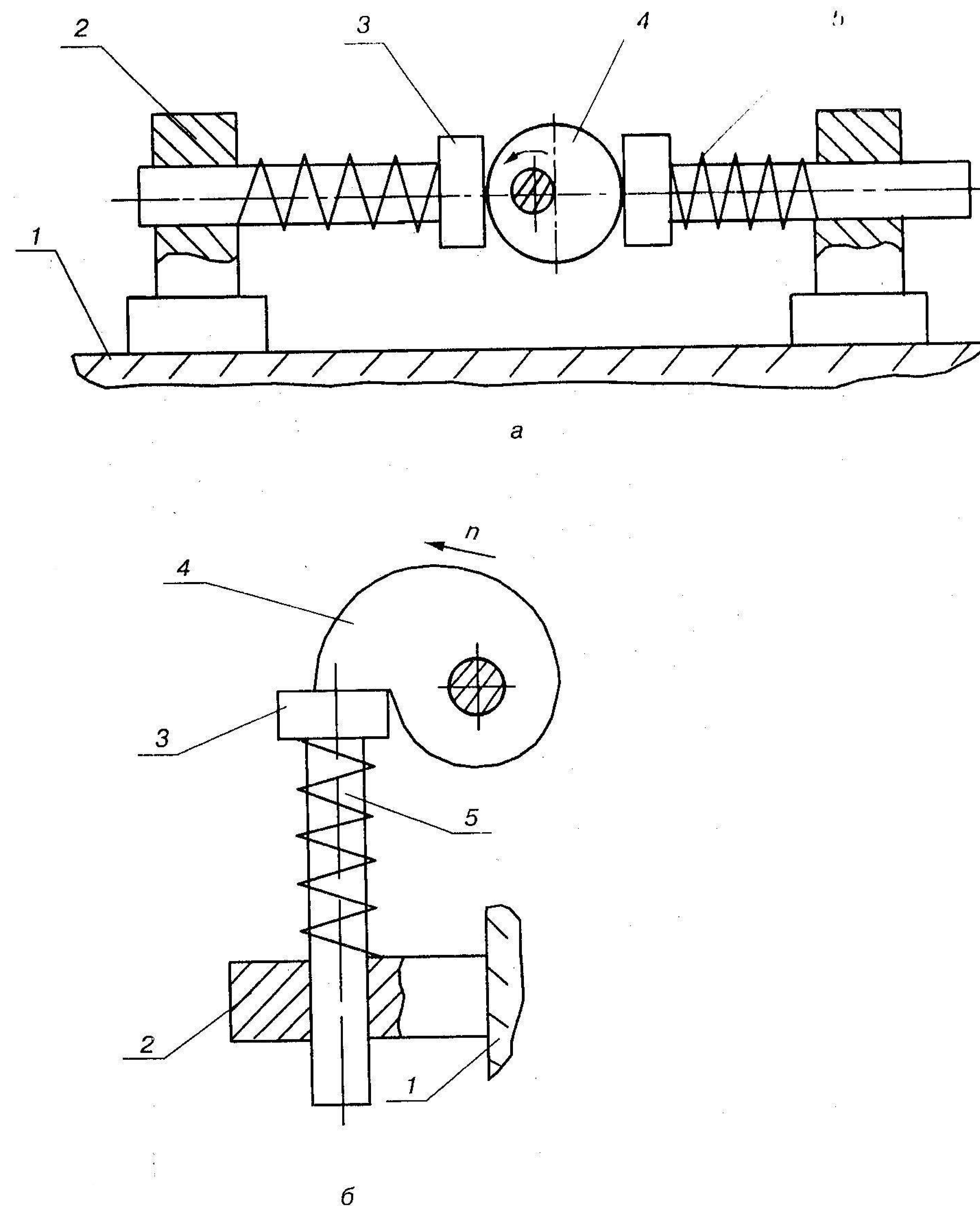


Рис. 9.4. Схема стенда для испытания пружин на выносливость по синусоидальному *(а)* и ударному *(б)* законам нагружения:
1 - основание, *2* - стойка, *3* - плунжер, *4* - эксцентрик, *5* - пружина

Первая канавка копира предназначена для рабочего хода при нарезании, а вторая — для быстрого обратного хода суппорта, кулачок которого входит последовательно то в одну, то в другую канавку. Обе канавки по концам копира соединены друг с другом, что обеспечивает последовательный переход кулачка поперечного суппорта из мелкой канавки в глубокую и наоборот.

В результате суппорт получит возвратно-поступательное движение. Каретка суппорта свободно может перемещаться по станине станка, а поперечный суппорт свободно располагается на направляющих каретки и действием пружины постоянно отжат к копиру.

Винтовую канавку пружины нарезают пружинным резцом, подача которого после каждого двойного хода каретки осуществляется храповым механизмом, состоящим из собачки, ползун которой при настройке закрепляют на неподвижной штанге, и храпового колеса, сидящего на винте подачи верхнего суппорта.

После нарезки канавки требуемой глубины сверлят отверстие и пружина в основном готова. Далее ее термически обрабатывают, шлифуют и оксидируют.

После окончательного изготовления пружины подвергают контролю.

Отдел технического контроля подвергает пружины 100-процентному контролю, а военный представитель, как правило, на выдержку, но не менее 5% от предъявленной партии.

Основными видами контроля пружин являются:

1) наружный осмотр пружины;
2) проверка числа витков;
3) проверка перпендикулярности опорной плоскости к образующей пружины;
4) проверка наружного и внутреннего диаметров пружины;
5) проверка прямолинейности пружины;
6) измерение длины пружины без нагрузки;
7) определение силы пружины;
8) испытание длительной нагрузкой (в неволе);
9) определение стойкости пружины.

Силу пружины определяют на специальных прессах.

Наиболее распространены ручные прессы. К недостатку таких прессов следует отнести их сравнительно низкую производительность и утомляемость рабочего, особенно при контроле длинных и сильных пружин. Этих недостатков не имеет электрический пресс.

Испытанию в неволе подвергаются все пружины. Пружины, работающие на сжатие, подвергаются длительному заневоливанию в состоянии сжатия до полного соприкосновения витков (24-48 часов).

С целью повышения усталостной прочности производят дробеструйную обработку упругих элементов.

По существующей технологии испытание торсионов в неволе производят двукратным закручиванием.

Первое закручивание производится на 30° и выдерживается в течение 30 минут, после чего торсион по концам и середине омедняется и по омедненным поверхностям наносят контрольные риски. При втором закручивании также на 30° выдержка производится в течение 24 часов.

После снятия нагрузки проверяют взаимное положение контрольных рисок. Торсионы, имеющие остаточную деформацию, бракуются.

После испытания в неволе торсионы вновь проверяют на отсутствие трещин на магнитном дефектоскопе и затем производится их окончательное полирование (на длине «L») и нанесение противокоррозионных покрытий.

В последнее время все более широкое распространение получает термомеханическое упрочнение упругих элементов оружия в режиме ВТМО с целью повышения их качества по всем основным параметрам [6].

ВТМО является одним из наиболее эффективных способов повышения конструктивной прочности пружин. В зависимости от конструктивных параметров, эксплуатационного назначения и способа производства могут быть использованы различные технологические схемы термомеханического упрочнения. Возможны три основных направления в применении ВТМО как фактора процесса управления качеством изготовления пружин:

1 - термомеханическое упрочнение, как следствие процесса формообразования витков пружины;

2 - термомеханическое упрочнение заготовки (проволоки) с последующим наследованием высокопрочного состояния метала в пружинах (рис. 9.5)

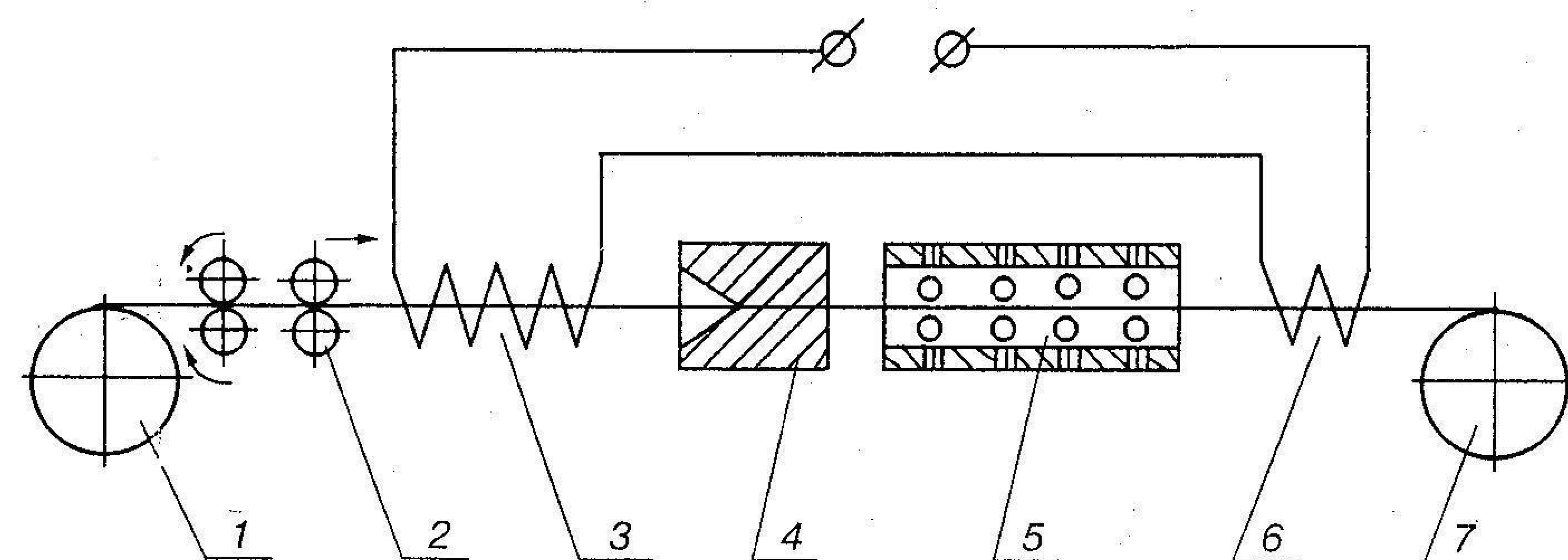


Рис. 9.5. Схема ВТМО пружинной проволоки:
1 - бунт проволоки, *2* - ролики направляющие, *3* - индуктор для нагрева проволоки до температуры аустенизации,
4 - узел деформации (фильера), *5* - охлаждающее устройство (спрейер), *6* - индуктор для отпуска проволоки, *7* - оправка

3 - комбинированное воздействие термомеханического упрочнения - сначала в процессе изготовления заготовки, а затем в процессе формообразования пружин.

Как было выше сказано, уровень упрочнения находится в зависимости от степени деформации.

При навивке пружин наибольшая деформация металла заготовки определяется формулой:

$$\varepsilon_{max} = d/2R, \qquad (9.3)$$

ε_{max} - наибольшая деформация металла;
d - диаметр сечения прутка, мм;
R - средний радиус навиваемой спирали, мм.

Степень деформации при навивке определяется удлинением наружных волокон по логарифмической формуле (9.4):

$$\lambda = 1n \frac{Dн}{D} \cdot 100\%, \qquad (9.4)$$

где *Dн* - наружный диаметр пружины;
D - средний диаметр пружины.

Согласно ГОСТ 14963-89 пружинные стали в состоянии поставки имеют максимальное относительное удлинение $\delta = 10-12\%$.

При температуре 900°С сталь 50ХФА имеет $\delta \approx 82\%$.

Анализ конструкций пружин амортизаторов стрелково-артиллерийского вооружения показывает, что индекс этих пружин составляет интервал:

$$C = D/d = 1{,}75 - 7{,}0 \qquad (9.5)$$

Максимальная степень деформации при навивке пружин соответствует их индексу. Такая конструкция пружин при горячей навивке создает в прутке деформацию изгибом λ от 10 до 40%, что соответствует оптимальным степеням деформации при термомеханической обработке. Следовательно, горячую пластическую деформацию изгибом при навивке можно использовать в качестве формообразующей операции при ВТМО (рис. 9.6, 9.7).

В результате анализа конструкции, технологии изготовления и условий эксплуатации пружин разработана технологическая схема ВТМО (рис. 9.6.)

Принципиальная схема ВТМО навивкой пружин представлена на рис. 9.7.

Исследовано влияние режимов ВТМО на усталостную прочность и релаксационные свойства цилиндрических пружин при статическом и циклическом нагружении.

На эксплуатационные характеристики пружин, изготовляемых из закаливаемых марок сталей, в большей степени влияют механические свойства, остаточные напряжения, приобретаемые материалом в процессе изготовления пружин.

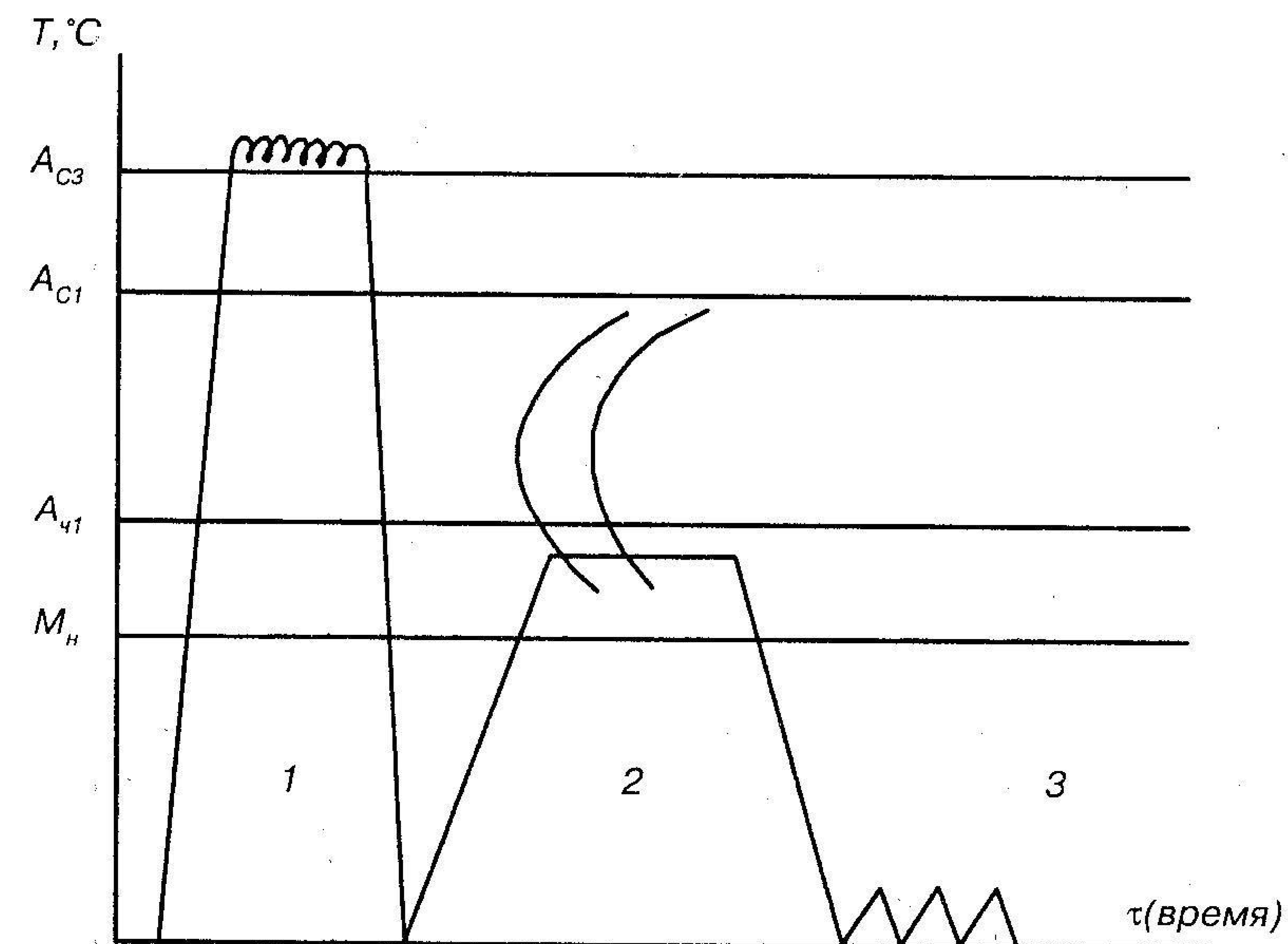


Рис. 9.6. Технологическая схема ВТМО пружин навивкой:
1 - ВТМО навивкой, *2* - отпуск пружин, *3* - механическая обработка

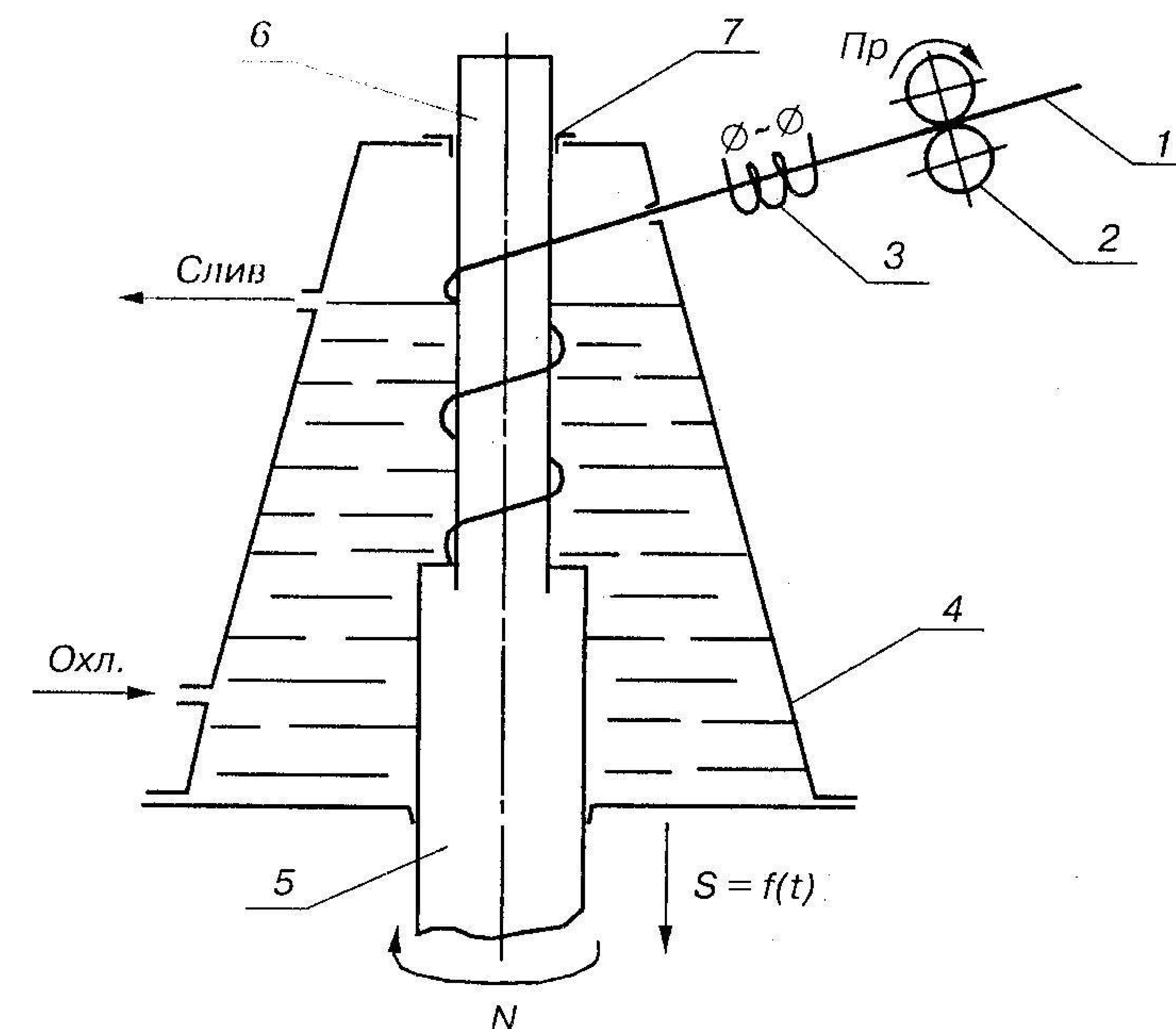


Рис. 9.7 Принципиальная схема ВТМО навивкой пружин:
1 - заготовка, *2* - подающие ролики, *3* - индуктор ТВЧ,
4 - закалочная камера, *5* - шпиндель, *6* - оправка, *7* - люнет

Известно, что прочность металла существенно влияет на остаточную деформацию после заневоливания. Поэтому исследование влияния технологических параметров ВТМО на изменение осадки пружин представляет интерес для оценки механических свойств материала и для выдачи рекомендаций при проектировании оборудования для термомеханического упрочнения.

Как показали результаты исследований (в интервале температур 1000-1100°С для сталей 65С2ВА, 60С2А и для стали 50ХФА) температура нагрева прутка при ВТМО навивкой оказывает незначительное влияние на осадку пружин при заневоливании: 13,0; 12,7 и 13,6% при температурах нагрева 1000, 1050 и 1060°С для пружин из стали 65С2ВА(∅9, С=2,4; t=14мм) при отпуске 420°С.

Изменение температуры отпуска после ВТМО существенно сказывается на величине остаточной деформации при заневоливании. С повышением температуры отпуска с 320 до 420°С происходит увеличение осадки пружин, изготовляемых с применением ВТМО, а при температурах отпуска 320 и 380°С осадка мало отличалась друг от друга и соответствовала уровню осадки пружин после обычной термообработки и отпуска 420°С.

Представляет интерес рассмотрение процесса релаксации напряжений при макропластической деформации пружины во времени. В пружинах после ВТМО процесс релаксации локальных перенапряжений происходил более интенсивно, чем после обычной закалки. Это проявилось в более пологом подъеме кривых остаточной деформации в первоначальный период заневоливания пружин после обычной термической обработки (ОТО).

В результате приложения внешней нагрузки при заневоливании в локальных участках создаются напряжения, которые могут значительно превосходить средние напряжения, приложенные к пружине. Устойчивая полигонизированная субструктура при возникновении опасных локальных перенапряжений способствует их релаксации, что уменьшает опасность возникновения хрупкого разрушения.

При исследовании влияния температуры отпуска после ВТМО на изменение механических свойств материала пружин обнаружено, что с увеличением температуры отпуска после ВТМО с 320 до 420°С при одинаковой температуре нагрева происходило монотонное уменьшение условного предела упругости. Так для материала пружин из стали 60С2А(∅5, С=3) были получены следующие величины условного предела упругости $\tau_{0,05}$; 2410 МПа и 2260 МПа при отпуске 320 и 350°С(Тн=1050°С), после ВТМО и ОТО при отпуске 420°С было получено $\tau_{0,05}$ одного уровня - 1880 и 1840 МПа соответственно.

По результатам многофакторного эксперимента при исследовании влияния технологических параметров на эксплуатационную долговечность пружин из стали 65С2ВА и 50ХФА были построены математические модели.

Получена квадратичная математическая модель влияния технологических параметров ВТМО (Тотп. и степени деформации, определяемой индексом пружин «С») на коэффициенты упрочнения пружин из стали 50ХФА:

$$K = 0{,}41Т_{отп.} - 8{,}2C^{-1} - 0{,}0006T^2_{отп.} + 0{,}75C^{-2} - 44{,}3 \qquad (9.6)$$

при S^2=4,364; S^2ост.=2,47; F=1,766, где

S^2 – дисперсия, S^2ост. – остаточная дисперсия, F – критерий Фишера;

$$K = \frac{N_{ВТМО}}{N_{ОТО}} \qquad (9.7)$$

где $N_{втмо}$ - ограниченная долговечность термомеханически упрочненных пружин,

$N_{ото}$ - ограниченная долговечность пружин, полученных горячей завивкой.

Так как для заданного уровня значимости $\alpha = 0{,}05$ при выборке $n = 40$ F>Fкр, то принимается гипотеза об адекватности модели.

Полученная математическая модель позволяет задавать температуру отпуска после ВТМО для известной конструкции пружины и заданного уровня упрочнения с вероятностью 99% в исследованных интервалах технологических параметров для пружин из стали 50ХФА.

Для пружин из стали 65С2ВА (С<4) была построена квадратичная математическая модель, отражающая влияния технологических параметров ВТМО (Тн, Тотп.) и уровня напряжений при испытаниях (τ) на ограниченную долговечность (N). Построение модели производилось при выборке n=60.

Математическая модель:

$$N = 6426 \cdot 10^3 - 12440Т_н + 23200Т_{отп.} - 1216\tau \cdot 10^6 + 0{,}981T^2_н - 32{,}12T^2_{отп.} + 91931\tau^2 \cdot 10^6,$$

при S^2 = 86192,

S^2ост.= 16520, при F = 5,22 и α = 0,05 модель является адекватной, т.к. F>Fкр.

Полученная модель позволяет задавать температурные режимы ВТМО навивкой, зная желаемую величину ограниченной долговечности пружин малого индекса из стали 65С2ВА на заданном уровне напряжений при эксплуатации. Задаваясь одним из параметров (Тн или Тотп) в границах исследованных интервалов температур, можно определить другой. При этом необходимо исходить из условий работы пружин. Например, для пружин при заданной ограниченной долговечности с повышенными требованиями к упругим характеристикам, необходимо задать температуру отпуска, которая, как показывают наши исследования, в

большей степени влияет на прочностные свойства пружинной стали после ВТМО.

Обе математические модели справедливы для пружин, изготавливаемых из прутков круглого сечения в условиях обеспечения прокаливаемости при ВТМО. Данные модели являются частными случаями целевой функции.

Особенности исследуемого нами процесса ВТМО навивкой, а именно неравномерность пластической деформации по сечению прутка, условия нагрева и охлаждения, последующего отпуска накладывают свои отпечатки на процессы структурообразования, и тем самым воздействуют на ограниченную долговечность пружин.

Результаты испытаний показали, что изменение температуры при ВТМО навивкой приводит к изменению ограниченной долговечности пружин и имеет экстремальный характер (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Влияние температуры нагрева на изменение ограниченной долговечности пружин (прямое ВТМО)

Материал пружин	Индекс пружин	Режим обработки		Напряжение при испытании τ_{max}, МПа	Число циклов до разрушения, тыс. циклов
		Тн, °С	Тотп,°С		
65С2ВА ∅9	2,4	1000 1050 1200	380 380 380	1500 1500 1500	71±40 104±21 42±24
51ХФА ∅5	3	960 1030 1090	380 380 380	1430 1430 1430	16±3 75±21 26,8±16
60С2А ∅9	2,4	1000 1050 1200	420 420 420	1530 1530 1530	69±25 76,5±21 66±22

Такая зависимость, вероятно, в первую очередь связана с особенностями структурных изменений при ВТМО в исследуемом интервале температур нагрева под навивку, а именно с механизмом фазовых превращений и ростом аустенитных зерен при повышении температуры аустенизации, с процессами упрочнения и разупрочнения при горячей деформации стабильного аустенита.

Существенное влияние на изменение ограниченной долговечности пружин после ВТМО оказывает температура отпуска. Наиболее эффективно ВТМО повышает долговечность пружин из исследуемых марок сталей при отпуске в интервале температур 300-420°С (табл. 9.2).

Таблица 9.2

Влияние отпуска на ограниченную долговечность пружин

Материал пружины	Индекс пружины	Режим обработки		Напряжение при испытании, МПа	Число циклов до разрушения, тыс. циклов
		Тн,°С	Тотп,°С		
65С2ВА ∅9	2,4	ВТМО 1050	240 380 420	1530 1530 1530	86,7±19 104±21 49,8±29
65С2ВА ∅9	2,4	ОТО 870	420	1530	58±32

Такое влияние температуры отпуска на ограниченную долговечность определяется особенностями устойчивой полигонизированной субструктуры металла, полученной в результате ВТМО и способствующей релаксации напряжений при достижении критической плотности дислокации без образования микротрещин.

На повышение долговечности оказывает влияние и ориентация действительных аустенитных зерен в направлении деформации при ВТМО.

Увеличение ограниченной долговечности в условиях высоких уровней напряжений связано с ростом пластичности при сохранении повышенной прочности после отпуска 300 - 420°С.

После ОТО и отпуска пружины из стали 65С2ВА выдерживали малое количество циклов, при этом вид излома свидетельствовал о хрупком разрушении.

Большое влияние на эффект упрочнения после ВТМО навивкой оказывает индекс пружин, косвенно определяющий степень деформации.

Результаты исследования влияния индекса на ограниченную долговечность пружин из стали 50ХФА после ВТМО (Тн=1020°С; Тотп=380°С) при напряжении 950МПа показали, что с увеличением индекса с 3 до 7 эффект упрочнения

$$K = \frac{N_{ВТМО}}{N_{ОТО}}$$ уменьшается с 5±2 до 1,5±0,12.

Одним из факторов, определяющих сопротивление упругих элементов усталостному разрушению, является уровень и характер распределения остаточных напряжений 1 рода по сечению витка пружины. Причиной возникновения остаточных напряжений является неодинаковая степень деформации в различных участках сечения витка, так как с увеличением степени деформации плотность стали понижается. Удельный объем металла меняется при неравномерной пластической деформации, тер-

мическом сжатии и расширении и фазовых превращениях в твердом состоянии.

Было выявлено, что на внутренней поверхности закаленных неотпущенных образцов из стали 65С2ВА, моделирующих витки пружины ∅9мм как после ВТМО ($\lambda = 20\%$), так и после ОТО возникают растягивающие остаточные напряжения. Причем после ВТМО при температуре нагрева 1000°С величина их вдвое меньше, чем после ОТО, 150 и 300МПа соответственно. У пружин из стали 65С2ВА (с=4, ∅ = 9мм, $\lambda = 36\%$) после ВТМО в поверхностных слоях внутреннего диаметра пружины наблюдаются значительные остаточные напряжения сжатия - 260МПа. По-видимому, при ВТМО со степенями деформации 20 и 36% на величину и характер распределения остаточных напряжений 1 рода доминирующее влияние оказывают различные факторы. Вероятно, в первом случае преобладающими являлись фазовые превращения, а во втором - пластическая деформация аустенита с большой степенью неоднородности по сечению.

Неравномерность степени деформации по сечению прутка приводит к концентрационному расслоению аустенита по углероду и легирующим элементам, наследуемому мартенситом и способствующему развитию процессов самоотпуска в объемах с пониженным содержанием углерода.

Неоднородность степени деформации по сечению прутка при ВТМО навивкой приводит к повышенному удельному объему поверхностных слоев по сравнению с центральными слоями, что вызывает дополнительные сжимающие напряжения в поверхностном слое.

Отпуск приводит не только к уменьшению остаточных напряжений, но и к изменению знака остаточных напряжений в образце с $\lambda = 20\%$ (сталь 65С2ВА, ∅9мм, С = 4,5). Так после ВТМО (Тн = 1000°С, $\lambda = 20\%$) и отпуска 200°С в течение часа остаточные напряжения растяжения составляют 40МПа, а после отпуска при температуре 400°С остаточные напряжения сжатия равны 140МПа, после объемной закалки и отпуска 400°С - только 50МПа (после отпуска во всех случаях производилось охлаждение в воде).

Появление остаточных напряжений сжатия после отпуска при температуре 400°С можно объяснить воздействием термических напряжений, возникающих в результате охлаждения образцов после отпуска в воде, также неравномерностью распределения остаточного аустенита по сечению в зависимости от степени деформации и распадом его при более высоких температурах отпуска, что характерно для кремнистых сталей. Неравномерность степени деформации по сечению прутка при ВТМО навивкой пружины влияет на формирование тонкой структуры стали. Рентгеноструктурные исследования, проведенные на образцах, вырезанных из пружин (сталь 65С2ВА, ∅9, С = 2,4) после ВТМО и отпуска (Тн=1050°С, Тотп=380°С), указали на изменение остаточных напряжений П рода по сечению прутка пружины и на изменение блочного строения стали. В поверхностном слое (внутренний и наружный диаметр пружины) наблюдается существенное уменьшение блоков мозаики и остаточных напряжений П рода, которые указывают на уменьшение плотности дислокаций. Установлено, что повышение деформации при высоких температурах для металлов, характеризуемых высоким деформационным упрочнением, приводит к сильному развитию процессов динамического возврата. А развитие субструктуры на стадии динамического возврата благоприятно влияет на свойства.

ВТМО в процессе изготовления пружинной проволоки обеспечивает высокий комплекс механических свойств, которые наследуются в процессе изготовления пружин. Данные работы, положившие начало промышленного применения термомеханического упрочнения заготовки - проволоки, указывали и на нестабильность такого параметра, как долговечность пружин.

Проведенные исследования тонкой структуры стали 50ХФА после ВТМО выявили наличие карбидных включений сферического типа величиной до 1 мкм. Такие крупные карбидные включения являются внутренними концентраторами напряжений и причиной зарождения усталостных трещин. Применение предварительной термической обработки, направленное на формирование структуры перед ВТМО, исключило эту причину нестабильности качества пружин.

Высокую эффективность применения ВТМО показало также при изготовлении торсионов по схеме, представленной на рис.9.9. Усталостная прочность после такой обработки повышается в 2-3 раза. Кроме того, значительно снижается трудоемкость, материалоемкость, себестоимость и повышается производительность труда и качество выпускаемых изделий.

9.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОРСИОНОВ

Технология изготовления торсинов может быть различной, что определяется конструкцией торсина (рис. 9.8.), наличием оборудования и размером выпуска. Показателем правильного решения технологических задач является нормальная работа торсионов в войсковых условиях или требуемая выносливость при испытании на усталость в заводских условиях.

Технологический процесс изготовления торсионов должен удовлетворять следующим основным положениям:

1. Поверхность торсиона должна быть высококачественна как по шероховатости поверхности, так и по состоянию поверхностного слоя, свободна от окалины и обезуглероженного слоя (дефектный поверхностный слой должен быть срезан). С поверхности торсиона должен быть также удален дефектный слой, образованный при обдирке. Поэтому окончательной обработкой торсиона является шлифование или тонкая обточка.

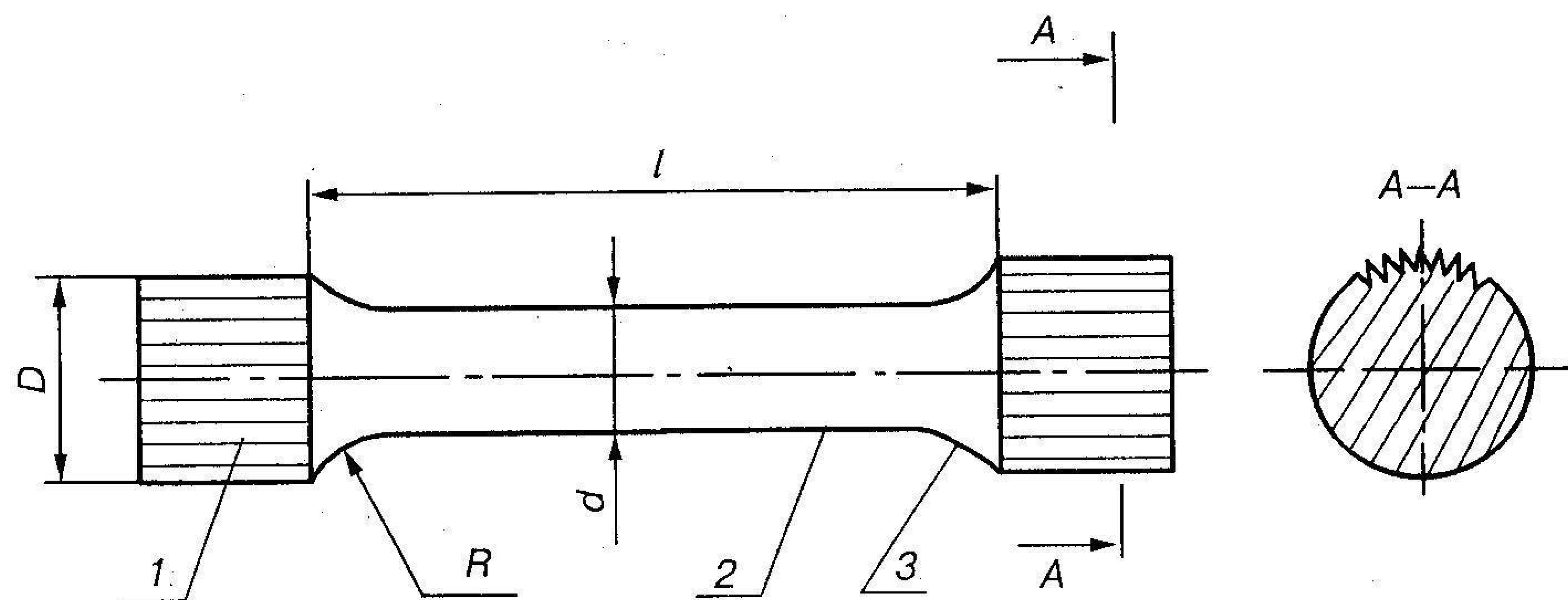


Рис. 9.8. Конструктивная схема торсиона:
1 - головка, *2* - шейка, *3* - галтель

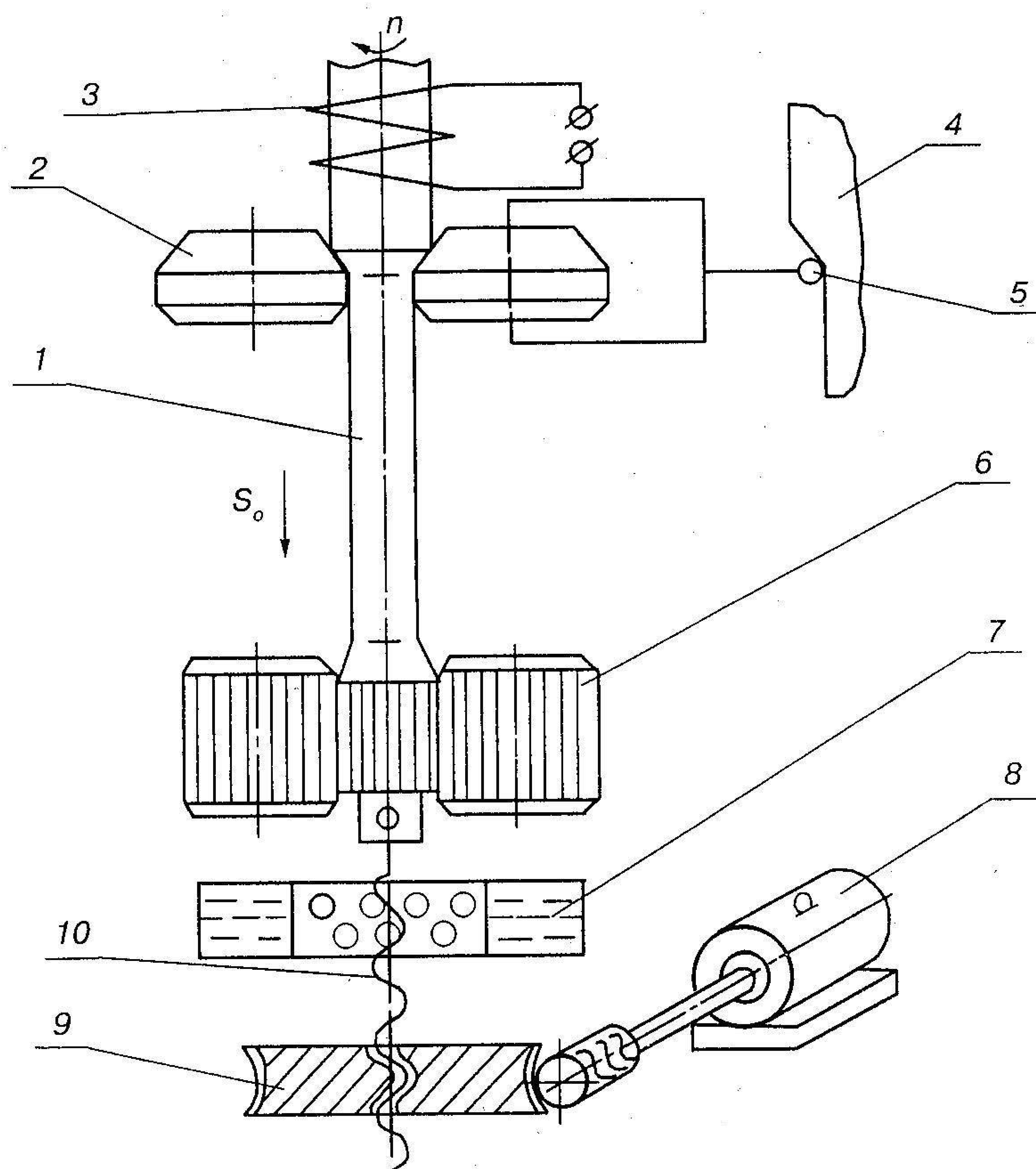


Рис. 9.9. Схема ВТМО торсионов:
1 - заготовка, *2* - узел деформации (ролики), *3* - индуктор, *4* - копир, *5* - следящее устройство, *6* - ролики накатные, *7* - спрейер, *8* - привод, *9* - червячная пара, *10* - винт ходовой

2. В процессе обработки должна быть получена такая структура, которая обеспечивает требуемую усталостную прочность. Это достигается правильным установлением термической обработки, зависящих от химического состава материала торсиона.

3. Торсионы не должны иметь остаточных напряжений, для чего их правку следует проводить в нагретом состоянии (+315°С).

4. Как показывает практика, коррозия сильно сокращает живучесть торсионов, поэтому, если торсионы не работают в масляных кожухах, они должны иметь противокоррозионные покрытия.

Рассмотрим типовой маршрут обработки на примере торсиона станка под крупнокалиберный пулемет.

Торсион изготавливают из стали 45ХНМФА. Обычно для торсионов используют прутковый материал с последующей высадкой концов под шлицы.

Технологической особенностью торсиона является его относительно большая длина, что требует применения люнетов, а также ряда правок в процессе обработки.

Первыми основными операциями являются предварительная обточка торсиона и шлифовка поверхностей под шлицы, после чего фрезеруют (или накатывают) шлицы.

Для дальнейшей токарной обработки вытачивают две шейки под люнеты (в утоненной части торсиона). Биение шеек допускается до 0,1 мм. Затем производят термическую обработку до $HRC_э$ 34-40 единиц. При этом особое внимание уделяют тому, чтобы не допустить чрезмерной поводки торсиона, имея в виду, что каждая правка торсиона в холодном состоянии приводит к образованию в нем остаточных напряжений, которые могут являться причиной искривления торсиона в процессе его эксплуатации.

Радиальное биение торсиона после термической обработки не должно быть более 0,35 мм, а смещение выступов концевых шлицев относительно среднего не более 30′. Центрирование шлицевого соединения осуществляется по наружному диаметру, поэтому после термической обработки наружный диаметр шлицев доводят чугунным притиром с применением паст. Для установления качества торсионов, помимо геометрического контроля и контроля на магнитном дефектоскопе, производят 100-процентное испытание торсионов в неволе.

Заневоливание повышает способность торсиона выдержать нагрузку в направлении заневоливания, что позволяет применять номинальное напряжение более высокое, чем напряжение, обусловленное текучестью металла. В противоположном направлении способность выдерживать нагрузку сокращается. Поэтому заневоливанием нельзя пользоваться там, где торсион попеременно закручивается в обе стороны от среднего положения.

10. ПРОИЗВОДСТВО ДЕРЕВЯННЫХ И ПЛАСТМАССОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ОРУЖИЯ

10.1. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ДЕРЕВА

Ложи, приклады, накладки и другие детали оружия изготавливают из деревянных заготовок, которые в соответствии с ГОСТом 778-80 подразделяются на фигурные и брусковые. В зависимости от назначения фигурные и брусковые заготовки разделяются на восемь типов - 1, 2,... 8.

Заготовки типов 1, 2, 3 и 4 предназначены для лож и изготовляются фигурные или брусковые. Заготовки типов 5,6 и 7 предназначены для прикладов (рис. 10.1) и бывают только брусковые. Заготовки типа 8 служат для ствольных накладок и бывают только брусковые.

Заготовки типов 1, 2, 3, 4 и 5 изготовляются из древесины березы, а остальные заготовки - из березы или кавказского бука.

Ранее для прикладов и лож применяли ореховую древесину. Заготовки ствольных накладок допускается изготавливать из древесины европейского бука.

Заготовки для деталей оружия изготавливают из свежесрубленной древесины. Направление годовых слоев в заготовках типа 1-7 может быть тангенциальное или радиальное, а в заготовках 8 - только тангенциальное. По физико-механическим свойствам древесина березы и бука должна удовлетворять следующим показателям:

предел прочности при сжатии вдоль волокон.....не менее 40 МПа;

предел прочности при статическом изгибе.....не менее 65 МПа;

предел прочности при скалывании вдоль волокон.....не менее 6 МПа;

объемная масса .....не менее 0,57 г/см³.

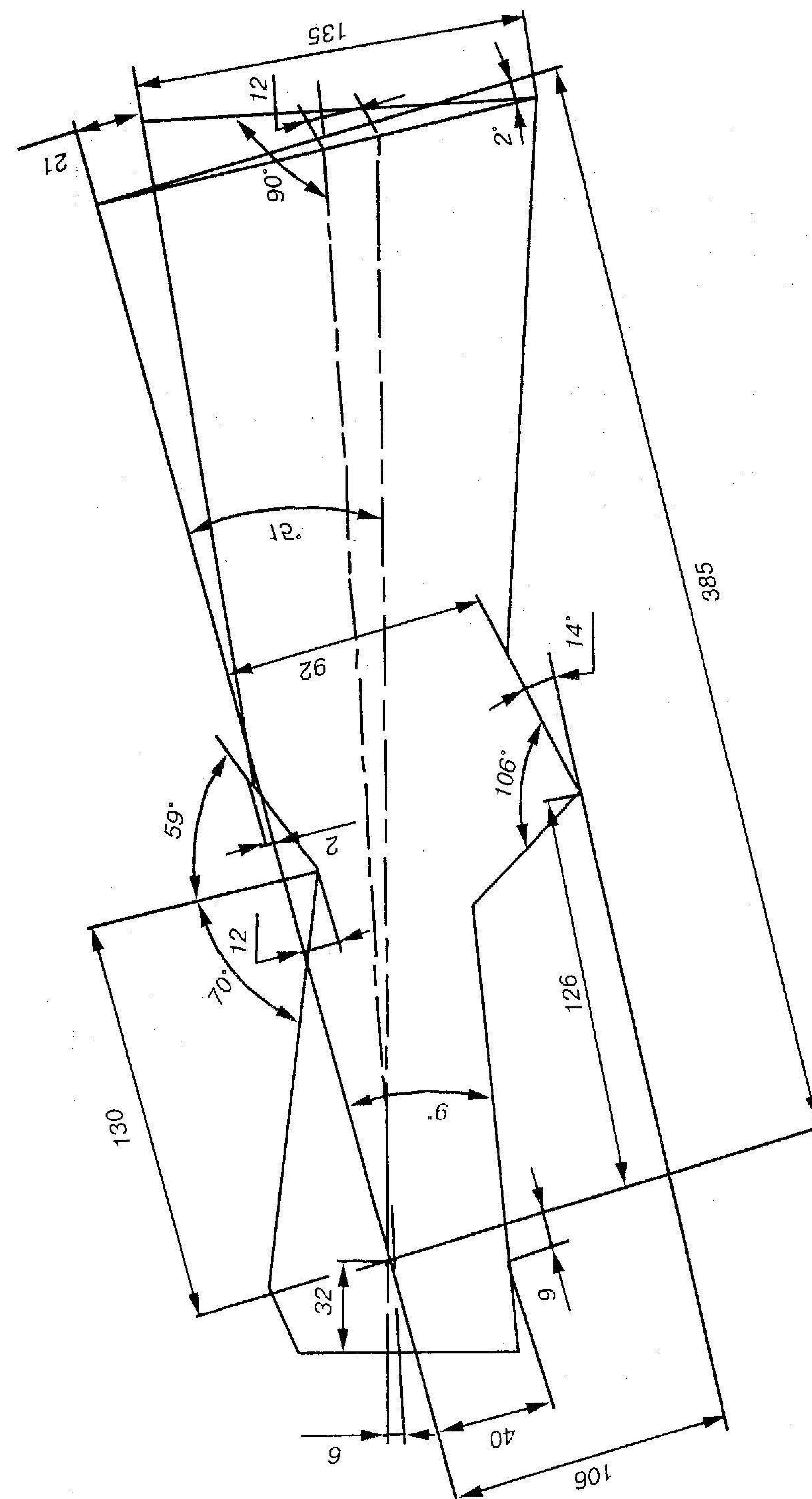


Рис. 10.1. Заготовка для приклада

Торцы заготовок должны быть предохранены от растрескивания; обычно их покрывают смолой. После распиловки заготовок они подвергаются естественной сушке. В производство заготовки пускают обычно после одногодичной или двухгодичной выдержки.

Перед пуском в производство заготовки партиями подвергаются искусственной сушке до содержания влаги 8±2% абсолютной влажности.

Влажность определяют по количеству влаги, приходящейся на единицу массы абсолютно сухой древесины.

Влажность: $W = (G_1+G_2)100/G_2$, (10.1)

где G_1 - масса секции, взятая в качестве пробы,

G_2 - масса этой же секции в абсолютно сухом состоянии.

Скорость процесса сушки устанавливается по уменьшению массы контрольных образцов, закладываемых в штабель.

Весьма эффективной является сушка заготовок в петролатуме.

Технологический процесс изготовления деревянных деталей, как правило, построен по потоку с использованием высокопроизводительного оборудования и приспособлений, настраиваемых на выполнение определенных операций.

Изготовление приклада оружия начинают со строгания плоскостей заготовки с оставлением припуска по толщине на следующую обработку. Строгание плоскостей выполняют на фуговальных или рейсмусовых станках.

После этого проверяют качество древесины и производят разметку по шаблону с оставлением припуска по контуру на последующую обработку. Заготовка из болванки вырезается на ленточных пилах. Когда заготовка готова, то первой задачей является обработка базовой поверхности. В качестве установочной базы при обработке приклада используют отверстие в прикладе для возвратно-боевой пружины. Поэтому первой операцией при обработке приклада и является сверление этого отверстия.

Установочной базой служит шейка приклада, которая в этом случае обрабатывается первой.

Далее устанавливается приклад по базовому отверстию, производят обточку шейки, а затем окончательную обточку по копиру.

Окончательную обточку по копиру выполняют на токарно-копировальных станках. Заготовка приклада устанавливается в центрах передней и задней бабок станка и через поводок получает круговую подачу.

Со шпинделем станка кинематически, с передаточным отношением равным единице, связан копир, представляющий собой модель металлического приклада с формой и размерами приклада после обточки. В качестве режущего инструмента используется фреза с крючковыми ножами, получающая вращение посредством ременной передачи.

Фреза при помощи стяжки связана с обоймой, несущей диск, обкатывающийся по копиру. Продольную подачу совершает фреза. Для отвода пыли станок имеет вытяжную трубу.

Копирование контура затыльника приклада производят фрезой на специальном копировально-фрезерном станке.

Весьма эффективными при обработке цевья ручного пулемета являются двухшпиндельные фрезерные станки, на которых копирование поверхностей производят по копиру, несущему на себе обрабатываемые детали. При копировке копир своими рабочими поверхностями прижимают к цилиндрическому кольцу, расположенному концентрично относительно шпинделя с фрезой.

Другие копировально-фрезерные работы выполняют на двухшпиндельных вертикальных станках, аналогичных копировально-фрезерным станкам по металлу. В процессе обработки приклада производится узловая сборка и выполняются различные пригонки приклада к сопрягаемым деталям.

Например, затыльник прирезают по контуру приклада и добиваются плотного прилегания затыльника к прикладу (проверку производят по отпечатку краской). По контуру затыльника должен быть обеспечен зазор 0,2-0,6 мм. Шейку приклада пригоняют по калибру типа спусковой скобы.

Кроме затыльника, в приклад врезают гайку с трубкой возвратно-боевой пружины. После окончания изготовления приклада его чистят по всему контуру шкуркой, закрепленной на кругах и подвергают осмолке и сушке.

Состав смеси для осмолки: масло-вапор - одна часть и масло соляровое - две части.

Температура смеси 60-70°С, время выдержки в составе - 5 минут.

Сушка осмоленных прикладов производится в сушильной камере, имеющей температуру 60-70°С с выдержкой в камере 20 - 30 минут.

Окончательную полировку приклада производят вручную смесью на растительном масле из политуры ВК-1 (1/2 части) и лака (1/2 части).

В последнее время для прикладов и цевья применяется прессованная фанера, отличающаяся повышенными прочностными характеристиками (в нормальных условиях) при более высоких технико-экономических показателях производства.

Помимо изготовления деревянных деталей оружия большой объем работ деревообделочных цехов составляет изготовление укупорочных ящиков.

10.2. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

Применение неметаллических материалов в производстве автоматического оружия традиционно, особенно для таких деталей, как приклад, рукоятка управления огнем, магазин, цевье, накладка. Если ранее для этих деталей использовалось дерево (шпон), то в последние годы характерна ориентировка на более широкое применение конструкционных пластических масс.

В отечественных образцах оружия до сего времени широкое применение имеют реактопласты (стеклопластики АГ-4С, АГ-4В, ДСВ). Однако, из-за высокой стоимости материала и нетехнологичности вспомогательных операций не достигается существенного экономического эффекта. Практически вся номенклатура деталей оружия отработана из стеклопластика АГ-4С или АГ-4В. Однако, только магазин и рукоятка, несмотря на более высокую (в два раза) себестоимость по сравнению с металлическим, внедрены в производство ввиду их существенных преимуществ по эксплуатационным характеристикам (особенно, коррозионная и химическая стойкость).

Применение конструкционных термопластов в отечественных образцах было ограничено из-за отсутствия материалов, которые смогли бы полностью удовлетворять требованиям, предъявляемым к оружию. В настоящее время промышленностью выпускается ряд конструкционных термопластов, которые представляют определенный интерес с точки зрения возможности их использования в деталях стрелкового оружия: полиамиды, армированные стекловолокном; поликарбонат и полиэтилентерефталат. Проведенные в последние годы исследования этих пластмасс показали, что только стеклонаполненный полиамид 6 может быть взят за основу при отработке деталей оружия, воспринимающих значительные ударные нагрузки (магазин, приклад). Композиции на основе полиамида 12, П68, анида, СФД и полиэтилентерефталата не удовлетворяют требованиям служебной прочности деталей. Поликарбонат, хотя и отличается сравнительно высокими механическими свойствами, нетехнологичен в переработке, особенно в условиях массового производства. Основные трудности при переработке поликарбоната следующие:

- тщательная сушка материала перед его переработкой, даже малейшие следы влаги (более 0,01%) вызывают деструкцию полимера;
- предварительный подогрев металлической арматуры до 200°С;
- дополнительная термообработка для снятия внутренних напряжений готовых изделий с толщиной стенок до 3 мм сложной конфигурации с металлической арматурой.

На основе проведенных исследований признано технически возможным и экономически эффективным создание специальной композиции на основе полиамида 6 стеклонаполненного. Данный материал был доработан в направлении повышения стабильности механических свойств, особенно при низких температурах (−50°С), за счет повышения качества исходного сырья-поликапролактама, введения стабилизаторов (стабилин 10 или Н-1) и сужения интервала содержания стекловолокна в пределах 32±2% вместо 33±3%. На стабилизированный стеклонаполненный полиамид 6 разработана нормативно-техническая документация (ТУ 6-11-412-76), установлены гарантийные сроки хранения материала и деталей из них до 12-15 лет.

Полиамид 6 стеклонаполненный стабилизированный марки ПА6С-32С (ТУ 6-11-412-76) наиболее полно отвечает требованиям, которые предъявляются к отечественным образцам стрелкового оружия, переработке в массовом производстве, хранению и наличию отечественной сырьевой базы.

Доказано, что решающую роль в качественной разработке деталей оружия из данного материала играют следующие факторы:

- возможность создания металлопластмассовой конструкции в процессе формирования детали, что позволяет сочетать в изделии, дополняя друг друга, различные ценные свойства пластмасс и металла;
- комплексный подход при отработке технологических параметров литья с учетом технологических свойств материала, особенностей и эксплуатации изделия;
- контроль за выполнением отработанных параметров технологического процесса.

Вышеуказанное позволило внедрить стеклонаполненный полиамид марки ПА6С-32С в производство магазинов и рукояток.

При отработке конструкции магазина из стеклонаполненного стабилизированного полиамида ПА6С-32С взамен стеклопластика АГ-4С первостепенное значение приобрели вопросы, связанные с достижением необходимой жесткости, высокой износостойкости (особенно загибов приемника), прочности, надежности и точности выполняемых размеров. Только благодаря комплексному подходу разработчикам удалось создать конструкцию магазина, равноценного по своим качествам штатному магазину из АГ-4С, за счет введения металлической арматуры (обоймы, переднего и заднего зацепов) определенной конструкции, учитывающей специфику материала и условия эксплуатации, поперечных и продольных ребер жесткости и точного соблюдения параметров отрабатываемого технологического процесса. Данная конструкция магазина была апробирована широким комплексом испытаний, включая проверку атмосферостойкости, стой-

кости к дезактиваторам, морозотеплостойкости, эксплуатационной живучести, надежности, служебной прочности и длительного хранения. По результатам испытаний магазин, корпус и подаватель которого изготовлены из полиамида, по своим эксплуатационным характеристикам практически равноценен штатному магазину, а по технологичности изготовления существенно превосходит его (в 1,5 раза). Следует отметить, что в настоящее время вместо всех неметаллических деталей автомата Калашникова отработаны опытные образцы этих деталей из одного материала марки ПА6С-32С, которые изготовляются методом литья под давлением: цевье, накладка, приклад, рукоятка, корпус и подаватель магазина, рукоятка и ножны штык-ножа. Автоматы с такими деталями прошли широкий комплекс испытаний, при которых была установлена высокая их живучесть. Рентабельность внедрения такой технологии на предприятиях объясняется очевидными технико-экономическими преимуществами.

Таким образом, можно сделать вывод, что широкое внедрение конструкционных термопластов является одним из перспективных направлений в повышении экономичности производства образцов автоматического оружия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологичность конструкций изделий. Справочник / Под ред. *Ю. Д. Амирова.* М.: Машиностроение, 1985. - 368с.
2. Марочник сталей и сплавов / *В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин* и др.; Под общ. ред. *В. Г. Сорокина.* - М.: Машиностроение, 1989. - 640с.
3. *Куприянов Ф. А.* Новые материалы и сплавы. - Л.: ЦНИИМ, 1974. - 337с.
4. Конструкционные материалы: Справочник / *Б. Н. Арзамасов* и др.; Под общ. ред. *Б. Н. Арзамасова.* - М.: Машиностроение, 1990. - 668с.
5. *Алферов В. В.* Конструкция и расчет автоматического оружия. - М.: Машиностроение, 1977. - 248с.
6. *Редькин Л. М., Потапов А. С.* Термомеханическое упрочнение пружин // Современное оборудование и технология термической и химико-термической обработки металлических материалов. - М.: МДНТП, 1986. - с.148-151.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ ОРУЖИЯ 5

1.1. Обеспечение технологичности деталей, изготовляемых механической обработкой .... —
1.2. Качественная оценка технологичности в механообрабатывающем производстве 8
1.3. Количественная оценка технологичности в механообрабатывающем производстве 10
1.4. Автоматизация процесса отработки конструкций заготовок и деталей на технологичность 15
1.5. Рекомендации по оформлению результатов анализа деталей на технологичность 18

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ОРУЖИЯ 20

2.1. Оценка свойств материалов .... —
2.2. Характеристика материалов 24

3. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ОРУЖИЯ ... 32

3.1. Машинная ковка на молотах и прессах .... —
3.2. Штамповка на молотах 33
3.3. Штамповка (выдавливание) на кривошипных горячештамповочных прессах 34
3.4. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах 35
3.5. Штамповка на гидравлических прессах 36
3.6. Вальцовка на ковочных вальцах 37
3.7. Раскатка колец на кольцераскатных машинах ....
3.8. Накатка зубьев, резьбы, шлицев, червяков 38
3.9. Торцевая раскатка 39
3.10. Фасонные профили 40
3.11. Поперечно-клиновая прокатка 41
3.12. Винтовое обжатие с упрочнением металла 42
3.13. Волочение с колебанием инструмента 45
3.14. Литье по выплавляемым моделям 46
3.15. Дефекты поковок и контроль качества 49
3.16. Дефекты отливок 51

4. ПРОИЗВОДСТВО СТВОЛЬНЫХ КОРОБОК 55

4.1. Изготовление коробов 57
4.2. Изготовление вкладышей 66
4.3. Изготовление ствольных коробок в сборе 75

5. ПРОИЗВОДСТВО ЗАТВОРОВ И ЗАТВОРНЫХ РАМ 81

5.1. Изготовление затворов .... —
5.2. Изготовление затворных рам 95

6. ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ 113

6.1. Изготовление газовых камер ....
6.2. Изготовление штоков (поршней) 126

7. ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ УДАРНО-СПУСКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ 132

8. ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ ПРИЦЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ 164

9. ПРОИЗВОДСТВО УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОРУЖИЯ 166

9.1. Изготовление пружин ....
9.2. Изготовление торсионов 183

10. ПРОИЗВОДСТВО ДЕРЕВЯННЫХ И ПЛАСТМАССОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ОРУЖИЯ 186

10.1. Обработка деталей из дерева ....
10.2. Обработка деталей из пластмасс 190

Литература 194